UNICAMP

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos
FEA

Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais no Alto Rio Pardo: a busca do Desenvolvimento Sustentável.

PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Mario Vito Comar aprovada pela Comissão Julgadora em 23 de dezembro de 1998.

Campinas, 23 de dezembro de 1998

Prof. Dr. Enrique Ortega Rodrigues
Presidente da Banca

Mario Vito Comar
Arquiteto Urbanista, University of Western Australia, 1974
Mestre em Ecologia, INPA/FUA, 1994

Orientador: Prof. Dr. **Enrique Ortega Rodríguez**

Campinas/1998.

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia de Alimentos

Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais: a busca do Desenvolvimento Sustentável.

Mario Vito Comar

Orientador: Prof. Dr. Enrique Ortega Rodríguez

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Alimentos.

Campinas/1998

UNIDADE BC
N.º CHAMADA
C73a
V. Ex.
TOMBO BC/36687
PROC. 229/99
C D X
PREÇO R$ 11,00
DATA 06/03/99
N.º CPD

CM-00121443-6

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

C73a

Comar, Mario Vito
Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais no Alto Rio Pardo: a busca do Desenvolvimento Sustentável / Mario Vito Comar -- Campinas, SP: [s.n.], 1998.

Orientador: Enrique Ortega
Tese (doutorado) Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Agricultura sustentável 2. Agricultura e energia 3. Teoria dos sistemas 4. Agricultura ecológica. 5. Valoração ambiental. 6. Agroindustria. I. Ortega, Enrique II.Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos III.Titulo.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Enrique Ortega Rodriguez
- Orientador -

Profa. Dra. Maria Silvia Romitelli
- Membro -

Prof. Dr. José Maria Guzman Ferraz
- Membro -

Prof. Dr. João Fernando Marques
- Membro -

Profa. Dra. Sônia Maria Pessoa Pereira Bergamasco
- Membro -

Profa. Dra. Maria Alice Garcia
- Membro -

Prof. Dr. Jansle Vieira Rocha
- Membro -

Campinas, de dezembro de 1998.

AGRADECIMENTOS

A minha família pela paciência comigo. A minha mãe pelo apoio e incentivo em buscar excelência. Ao meu pai que dirigiu minha mão na arte do desenho e da poesia.

Ao professor Enrique Ortega que acompanhou minhas dúvidas e aconselhou-me além de suas funções acadêmicas.

Ao professor Philip Fearnside que despertou meu interesse na teoria emergética e incentivou-me no caminho da ciência.

Ao Doutorando do Instituto de Economia da Unicamp, Departamento de Teoria Econômica, Maurício Amazonas, pela orientação nos aspectos monetários e econômicos do trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Mário Fumes pela paciência com minhas perguntas e solicitações e o apoio nas visita às fazendas.

Ao Engenheiro Agrônomo Marcos Vivan que muito gentilmente confirmou dados de campo nas fazendas do município de Pardinho.

Ao Engenheiro Agrônomo Sérgio Pimenta pelo fornecimento criterioso de dados sobre a Estância Demétria e algumas fazendas produtoras de leite.

A René Piamonte, do Instituto Biodinâmico da Estância Demétria em Botucatu pelas explicações e dados sobre os processos do sistema de produção biodinâmico.

Ao Prof. Dr. Osmar Bueno, e sua equipe de estudantes que levantaram dados complementares das unidades de produção estudadas em Pardinho.

A equipe da CATI, regional Botucatu, pelo precioso apoio em fornecer dados regionais.

A equipe da Casa de Agricultura de Pardinho.

A Osmar Coelho Filho, colaborador assíduo do laboratório de engenharia ecológica, pelo apoio e amizade.

Aos alunos, colegas e funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos da Unicamp.

A Estagiária do Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática Aplicada (LEIA) do Departamento de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos, Mara Rubya Cornélio pela sua colaboração na confecção dos diagramas deste trabalho.

À CAPES, órgão financiador da bolsa de estudo.

ÍNDICE GERAL

RESUMO iv

ABSTRACT vi

1.0 - INTRODUÇÃO 1
1.1 Objetivo do trabalho 2
1.2 Hipótese científica 4
1.3 Disposição do trabalho 5

2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 6
2.1 Construindo uma Interface Ecologia-Economia:
Economia Ecológica, Economia Biofísica, Economia do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais ou Ecologia Econômica? 6
2.1.1 Valoração Econômica, a Vertente Econômica 8
2.1.2 Economia Biofísica, a Vertente Biofísica 9
2.1.3 Os Fisiocratas 10
2.1.4 As Leis da Termodinâmica 11
2.1.5 Início do Século XX 13
2.1.6 A Década de 50 14
2.1.7 A Economia Biofísica nos Anos 70 16
2.1.8 Recursos Naturais na Teoria Econômica 22
2.1.9 Desenvolvimentos Recentes 24
2.1.10 Estado Atual 26
2.2 Geração de renda e Capacidade de Suporte dos Ecossistemas 29
2.3.1 Conceito de Capacidade de Suporte 31
2.3 A Produção Agrícola Brasileira 35
2.4 Políticas Agrícolas e Ambientais 37
2.5 Ecossistemas e Macrovetores de Desenvolvimento 38
2.6 Rumo a um Novo Modelo de Agricultura 42
2.7 Considerações sobre uma Agricultura Sustentável 45
2.8 Abordagem Sistêmica 49
2.9 Emergia e Agroecologia 52
2.10 Emergia e o Brasil 54
2.10.1 Emergia total do sistema Brasil e o Valor do seu Em-Dólar 60
2.10.2 Implicações para as Políticas Públicas 62

3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS 64
3.1 Caracterização e Localização de Áreas de Estudo 64
3.1.1 Panorâmica geral 64
3.1.2 Justificativa sobre o espaço escolhido 65
3.1.2.1 Localização e características climáticas 66
3.1.2.2 Características geológicas e geomorfológicas 67
3.1.2.3 Características pedológicas 68
3.2 Delimitação da área da bacia hidrográfica 70
3.3 Estrutura Fundiária 70
3.4 A Metodologia Emergética 72
3.4.1 Emergia e Transformidade 72

3.4.2 Etapas de uma Avaliação Emergética 74
3.4.2.1 1ª Etapa: Visão Panorâmica pelos Diagramas Sistêmicos *74*
3.4.2.2 2ª Etapa: Tabelas de Avaliação eMergética *75*
3.4.2.3 3ª Etapa: Cálculo dos Índices eMergéticos *76*
3.4.3 A Razão de Investimento por eMergia - Determinando a Intensidade do Desenvolvimento e a Competitividade Econômica 79
3.4.4 A Razão de Carga Ambiental - Determinando o Impacto Ambiental 80
3.4.5 Outras Razões Emergéticas 81
3.4.6 Avaliando Razões de Investimento por Emergia Locais e Regionais 82
3.4.7 Determinando a Capacidade de Suporte para Investimentos Econômicos 84
3.4.8 Capacidade de Suporte Renovável no presente nível de vida 85
3.4.9 Levantamento de Dados 85
3.4.10 Modelagem e Simulação para Modelos de Unidade de Produção Agrícola 86
3.4.10.1 Minimodelos macroscópicos *87*
3.4.10.2 A concepção do modelo *87*
3.4.10.3 Iteração digital *88*
3.4.10.4 Equações diferenciais *88*
3.4.10.5 Programação em BASIC *89*
3.4.10.6 Equações de taxa de mudança *89*
3.4.10.7 Calibração *90*

4.0 - ESTUDOS EMERGÉTICOS **91**
4.1 Avaliação Emergética do Município de Botucatu 91
4.1.1 Índices emergéticos para o Município de Botucatu 94
4.1.2 Outros índices emergéticos para Botucatu 96
4.2 Avaliação Emergética do Município de Pardinho 98
4.3 Avaliações emergéticas de 11 fazendas no município de Pardinho 101
4.3.1 Fazenda Água Santa *101*
4.3.2 Chácara Livramento *104*
4.3.3 Chácara Mariana *106*
4.3.4 Sítio Maria Branca *108*
4.3.5 Chácara Moraes *110*
4.3.6 Chácara Cabeceira do Rio Pardo *112*
4.3.7 Fazenda Tijuco Preto *114*
4.3.8 Sítio Paraíso *116*
4.3.9 Chácara Vale do Sol *118*
4.3.10 Sítio Atalho Coxo *121*
4.3.11 Chácara Bom Retiro *123*
4.4 Sistemas de Produção de Hortaliças 125
4.4.1 Chácara Sto. Antônio, Município de Botucatu - sistema convencional de produção de hortaliças *125*
4.4.2 Estância Demétria, Município de Botucatu - sistema Biodinâmico de produção de hortaliças *129*
4.4.3 Comparando Avaliações da Demétria e Sto. Antônio *135*
4.4.3.1 Fator solo *137*
4.4.3.2 Demétria e Sto. Antônio inseridas no município de Botucatu *139*
4.5 Modelo Generalizado de Sistema de Produção Agrícola 141
4.5.1 Padrões gerais *143*
4.6 Modelo Emergético de Sistema de Produção Agrícola *146*

5.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO **150**
5.1 Comparando Unidades de Produção Agrícola em Pardinho 150
5.1.1 Introdução *150*
5.1.2 Comparando Razões Emergéticas para as 4 categorias de fazendas *151*
5.1.3 Avaliando os Índices de Sustentabilidade das Fazendas *153*
5.1.4 Relacionando Índices de Sustentabilidade (SI) com as Razões dentro das Categorias de Fazenda *153*
5.1.5 Transformidades do Leite para as diferentes fazendas *155*
5.1.6 Outras Transformidades *157*
5.1.7 Tamanho das fazendas *157*
5.1.8 Capacidade de suporte potencial das fazendas *159*
5.1.9 Algumas Conclusões Preliminares *160*

6.0 - CONCLUSÕES **161**
6.1 Verificando os Objetivos Gerais 161
6.1.1 Comportamento sistêmico de unidades de produção agrícola e sua sustentabilidade *161*
6.1.2 Escopo, contribuições e limitações da metodologia emergética *162*
6.2 Verificando os Objetivos Específicos 164
6.2.1 Relevância e eficiência das contribuições das unidades de produção agrícola à sociedade 164
6.2.2 Comparação emergética de sistema de produção agrícola alternativo com convencional *165*
6.2.3 Bases metodológicas para avaliações de produção agrícola e agro-industriais *166*
6.2.4 Subsídios a políticas públicas para pequeno, médio e grande agricultor *167*
6.2.5 Material técnico de estudo *168*
6.3 Considerações Gerais 168
6.3.1 Escala internacional *169*
6.3.2 Escala nacional *170*
6.3.3 Escala regional *172*
6.3.4 Escala local ou do processo de produção *173*
6.3.5 Desenvolvimentos futuros da Metodologia Emergética *173*

7.0 - BIBLIOGRAFIA **175**

ANEXOS **185**

Anexo 1 - Tabelas Emergéticas do Brasil. 185
Anexo 2 - Anotações das Tabelas Emergéticas de Botucatu e Pardinho 188
Anexo 3 - Anotações das Tabelas Emergéticas das Fazendas do Município de Pardinho 190
Anexo 4 - Anotações das Tabelas Emergéticas da Estância Demétria e da Chácara Santo Antônio 196
Anexo 5 - Calculando e calibrando coeficientes 197

RESUMO

Para alcançar os objetivos propostos nesta pesquisa foi utilizada a metodologia emergética como proposta por Howard T. Odum (1996), por ela contabilizar fluxos de recursos naturais e inputs humanos numa medida indexadora única que permite comparar a dinâmica destes fluxos dentro da unidade estudada, entre a unidade e sua região e entre regiões. Por meio de diferentes índices emergéticos quantificam-se as relações entre recursos renováveis e não-renováveis que fundamentam a questão da sustentabilidade ambiental. A padronização dos dados e índices balizou um processo comparativo que ordenou as unidades por seu grau de sustentabilidade de acordo com seu Índice de Sustentabilidade (SI), razão entre eficiência emergética (emergia produzida / emergia expendida) e razão de carga ambiental do sistema (inputs humanos / contribuições dos recursos naturais gratuitos). Os modelos de simulação energética e emergética possibilitaram uma visão da dinâmica da inserção econômica dos produtos agrícolas no mercado e do possível raciocínio do produtor sobre lucro e custos de produção em relação ao desgaste dos recursos naturais. Por outro lado, existem limitações metodológicas, onde o modelo de desenvolvimento e o *status quo* do sistema quase não são questionados baseando-se no fato que haverão de redirecionar-se naturalmente quando houver escassez de recursos.

Para atualizar a relação entre emergia e valores monetários, calculou-se o valor corrente entre Joules de Emergia Solar e Dólar no Brasil (sej/$). O levantamento emergético do '*sistema Brasil*', ano base 1996, resultou em 4,82 E12 sej/$, enquanto o último valor foi de 6,08 E12 sej/$, ano base 1989. Do ponto de vista regional, a biomassa de madeira de eucalipto, que sai do '*sistema Botucatu*' em forma de chapas duras, representa uma grande perda emergética, correspondente ao 14,3% de todas as emergias usadas no município. Deveria ser revisto o uso do solo para este produto de exportação do município.

As emergias não-renováveis do município de Botucatu são 5,57 vezes maiores das renováveis (Razão de Carga Ambiental, ELR = 5,57), o que o caracteriza como um município bastante desenvolvido. Com uma Razão de Produção por Emergia (EYR) de 0,82 este município está numa posição de desequilíbrio, sendo subsidiado em 18% da emergia que produz. Estas razões tornam-se referenciais para os processos de produção locais. Pardinho perde 2,79% (quase 3%) das suas emergias em perda de solo por causa do seu pobre manejo. A Razão de Investimento por Emergia de Pardinho é de 1,22: 1,22 vezes mais emergia é contribuída pelos humanos do que pela natureza nos processos de produção do município. Sua Razão de Carga Ambiental (ELR) é de 3,1, quase 2 vezes inferior à de Botucatu. As transformidades emergéticas do leite, onde uma transformidade maior indica um processo menos ecologicamente adaptado, variaram muito para as 9 fazendas estudadas,

desde 0,85 E6 sej/J da Chácara Cabeceira do Rio Pardo, até 6,48 E6 sej/J da Chácara Moraes. Transformidades para carne de boi variaram de 1,58 E6 sej/J até 1,35 E6 sej (Chácara Mariana e Sítio Maria Branca, respectivamente). A transformidade da carne de porco, para Chácara Vale do Sol foi de 5,17 E5 sej/J.

Os índices emergéticos mostraram consistência entre si, em ordenar as fazendas de Pardinho em termos de sustentabilidade. Sistemas simples e diversificados, com baixas razões entre inputs adquiridos e contribuições ambientais gratuitas, tendem a ser mais sustentaveis a longo prazo, com uma Razão de Investimento por Emergia gratuita (EIR) perto de 1. Os índices de Sustentabilidade (SI), Percentagem Renovável (%R) e Razão de Produção de Emergia (EYR), mostraram uma correlação direta com a sustentabilidade ecológica. A Razão de Carga Ambiental, ELR, comporta-se como função inversa à sustentabilidade. Tamanho de fazenda não estava correlacionado com nenhum dos índices avaliados. Várias linhas de pesquisa prioritárias e políticas públicas foram propostas nas escalas internacionais, nacionais, regionais e a nível de sistemas de produção local.

ABSTRACT

To reach research objectives the Emergy Methodology, established by Howard T. Odum (1996), was used as it accounts for the flows of environmental resources and services and human inputs by a common indexing measure, which allows to compare the dynamics of these flows within the studied agroecosystem, between it and the surrounding region and between regions. By the use of various emergy indices, the relationships between renewable and non-renewable resources, fundamental to the question of environmental sustainability, are quantified. The standardization of data and indices allowed comparisons that ranked the studied agricultural systems by their Sustainability Index (SI), the ratio between emergy efficiency (produced emergy / emergy used) and the Environment Loading Ration of the system (human inputs/natural free inputs, renewable or non-renewable). The energy and emergy simulation models gave a dynamic assessment of the market insertion of the products and of the possible cost/benefit rational of the producers and their view of natural resource depletion. On the other side, there are metodological limitations as the prevalent development model and the *status quo* of the system are hardly questioned, once it is presumed that the overall economic system will reajust when resources windle.

To update the relationship between emergy and monetary values, the current value between Joules of Solar Emergy and the Dollar in Brazil (sej/$) had to be recalculated. This required a new emergy evaluation of Brazil *as a system*, base-year 1996, resulting in 4,82 E12 sej/$, inasmuch as the last value was of 6,08 E12 sej/$, base-year 1989.

From a regional perspective, eucalyptus timber biomass, exiting the '*Botucatu system*' in the form of hard board panels, represents a great emergy loss, corresponding to 14.3% of all emergies used within the county. Soil use for this kind of product exported from this county should be rethought. Non-renewable emergies in Botucatu County are 5.57 times greater than renewable ones (Environment Loading Ratio, ELR = 5.57), which characterizes it as a relatively developed municipality. With an Emergy Yield Ratio, EYR, of 0.82, this county finds itself in na unbalanced condition where it must be subsidized by 18% of the emergy it uses for its production processes. These ratios become references for local production processes.

In Pardinho County, 2.79% (almost 3%) of the emergies are lost because of soil loss due to agricultural use. Pardinho has an Emergy Investment Ratio of 1.22, so that 1.22 times more emergy is contributed by humans than by nature to the county's productive processes. Its Environmental Loading Ratio (ELR) is of 3.1, almos twice inferior to Botucatu's one. The Transformities for milk in the 9 farms studied varied greatly, since 0.85 E6 sej/J of Chácara Cabeceira do Rio Pardo, up to 6,48 E6 sej/J of Chácara Moraes. Transformities for cattle meat varied from 1.58 E6 sej/J up to 1.35 E6

sej (Chácara Mariana and Sítio Maria Branca, respectively). Pig's meat transformity for Chácara Vale do Sol was of 5.17 E5 sej/J.

Emergy indexes showed consistency amongst themselves, in ranking Pardinho's farms in terms of sustainability. Simple and diversified systems, with low ratios between acquired inputs and free environmental contributions, tend to be more sustainable in the long term, with an Emergy Investment Ratio (EIR) close to unity. The Sustainability Index (SI), the Percentage Renewable Index (%R) and the Emergy Yield Ratio (EYR), showed a direct correlation with ecological sustainability. The Environmental Loading Ratio (ELR) behaves as an inverse function of sustainability. Farm size didn't produce a significant effect in relation to evaluated emergy indices.

Various priority research lines and public policies were proposed at international, national, regional and at local production scales.

1.0 - INTRODUÇÃO

A redução dos desequilíbrios causados pela ação humana e o uso mais harmonioso dos recursos naturais, juntamente com uma apreciação mais adequada dos recursos e serviços oferecidos pelo ambiente, tornou-se o novo paradigma para qualquer sistema de produção agrícola e para o desenvolvimento da sociedade em geral.

A Metodologia Emergética, que alia a Teoria Geral dos Sistemas aplicada à Ecologia e a contabilidade emergética, quantificando sistemicamente a contribuição dos recursos naturais aos processos de produção agrícolas e agro-industriais, e que usa a linguagem simbólica funcional de Howard T. Odum (ODUM, 1971), proporciona uma alavanca conceptual num novo marco lógico na evolução do estudo das ações antrópicas nos ecossistemas.

Pela facilidade da construção de modelos conceituais que permitam construir tabelas e gráficos das relações funcionais dos fluxos de matéria e energia entre fontes externas, componentes internos, produtos e subprodutos do ecossistema, incluindo processos de produção humana, e a capacidade de quantificá-los numa propriedade indexadora única, a "*emergia*", expressada em Joules de energia solar, percebeu-se que existe neste sistema de aprendizagem e avaliação uma grande força didática e uma capacidade de aglutinação de pesquisadores de diferentes disciplinas no esforço de encontrar soluções aos problemas ambientais regionais.

Neste trabalho de tese pretende-se testar a hipótese de que, se para sua sobrevivência os seres humanos respondem às mesmas exigências termodinâmicas dos sistemas naturais, isto deveria ser passível de verificação pelos cálculos propostos pelo ecólogo Howard T. Odum (ODUM, 1983, 1996) quando aplicados a sistemas de produção agrícola, diretamente relacionados aos fluxos de energia dos recursos naturais e suas contribuições aos processos de produção de alimentos.

Devido à sua característica de abordagem holística, a Metodologia Emergética é aplicada em várias escalas interrelacionadas, o que a torna um poderoso instrumento de análise sintética das questões em pauta. Esta sua capacidade de integrar de forma sistêmica num único conjunto dinâmico os recursos naturais, as verdadeiras bases de uma economia em qualquer escala, e os recursos humanos que os utilizam, permite visualizar cenários diferenciados, cada qual com seu grau de impacto no ambiente e, de conseqüência, na sociedade. Isto leva, naturalmente, a uma percepção aguçada da vida do homem no seu espaço geográfico e temporal, ou histórico, e

coloca a equipe de pesquisa em condições melhores de definir politicas públicas de gerenciamento do ambiente e das atividades humanas nele inseridas.

Quando as contribuições dos recursos naturais e dos processos ambientais de apoio à vida humana são contabilizados nas relações de produção de alimentos, energia ou bens industrializados, tudo torna-se, de fato, mais caro. Começam a aparecer elementos e aspectos novos na investigação que levam naturalmente à definição de novos rumos nos estudos e a novas linhas de pesquisa.

A região do Alto Rio Pardo, sede dos municípios de Pardinho e Botucatu, foi escolhida pois encontra-se numa importante área de transição entre o cerrado e a Mata Atlântica, contando com resquícios de Floresta de Araucárias e com formações geológicas peculiares como a "*Cuesta*". A região faz parte do Aqüífero Botucatu, o qual ainda não se encontra contaminado. Este aqüífero conta com pontos de afloração ricos em espécies endêmicas os quais são importantes indicadores ecológicos, referenciais à saúde dos ecossistemas.

Como afluente do Paranapanema, o Rio Pardo é parte da sua bacia, região mais expressiva do Estado de São Paulo na produção de grãos (soja, milho, feijão) com grande potencial turístico. Seu potencial para o desenvolvimento precisa ser equilibrado por um planejamento agroecológico adequado ao desafio, propondo diretrizes graduais de transição entre os presentes modelos de agricultura e pecuária dependentes de altos insumos para um modelo menos impactante nos recursos naturais e mais ligado ao potencial de resposta biológica do meio.

Assim foram selecionadas várias fazendas dentro da região da Cabeceira do Rio Pardo, ou Alto Rio Pardo, por esta área representar um espaço sensível à ação antrópica, devido à pouca mata ciliar que protege as nascentes do rio e acompanha seu curso. Por meio da avaliação emergética derivaram-se índices de sustentabilidade para estas unidades de produção e foram calculadas várias razões emergéticas para identificar sua eficiência em relação ao uso dos recursos naturais.

1.1 Objetivo do trabalho

Pretende-se avaliar as relações funcionais entre os diferentes componentes dos agroecossistemas através de uma abordagem sistêmica que possa quantificar a relação entre o

investimento do trabalho humano e a contribuição da natureza, gerando novos questionamentos e linhas de pesquisa, e subsidiar as políticas públicas ligadas ao planejamento agro-ecológico regional.

Este estudo tem objetivos de duas ordens:

Geral:

- Gerar informações sobre o comportamento sistêmico de unidades de produção agrícola e verificar seu grau de sustentabilidade ambiental e econômica de acordo com a metodologia emergética.

- Verificar o escopo da metodologia emergética como instrumento de avaliação de processos de produção agro-industrial identificando suas contribuições e atuais limitações.

Específicos:

- Avaliar a relevâcia e eficiência das contribuições da produção agrícola das unidades de produção estudadas à sociedade em geral, usando os índices emergéticos e considerando a inserção destas unidades no seu ambiente e na economia regional da qual fazem parte.

- Comparar o desempenho sistêmico, ambiental e econômico, de um sistema alternativo de produção agrícola com um de agricultura convencional para uma mesma cultura usando a metodologia emergética.

- Providenciar bases metodológicas para avaliações comparativas de diferentes modalidades de produção agrícola e agro-indústrial;

- Subsidiar propostas de políticas públicas para apoio e orientação ao pequeno, médio e grande agricultor.

- Servir como material de estudo para técnicos de instituições públicas e privadas no tratamento de questões ligadas a sistemas de produção agro-alimentar.

1.2 Hipótese Científica

A hipótese de trabalho desta tese é de que a utilização da metodologia emergética como proposta por Howard T. Odum (1996) proporciona os fundamentos e os métodos pelos quais é possível avaliar quantitativamente as contribuições dos recursos e serviços ambientais aos processos de produção agro-industriais estudados, permite a elaboração de índices relativos para uma definição dinâmica de sustentabilidade ambiental dos processos avaliados, e oferece subsídios para políticas públicas na mitigação do impacto antrópico causado pelas atividades agrícolas, por meio de soluções que abrangem desde modificações nas próprias técnicas de manejo até um dimensionamento espacial das unidades de produção.

Os índices e as razões emergéticas calculadas na base de fluxos de memória energética, ou *'emergia'*, são aqui usados para avaliar o comportamento das unidades de produção como um único sistema.

Também, a nível da dependência de recursos destas unidades de produção para manter seus processos, a importante relação entre inputs renováveis e não-renováveis, tanto como entre recursos disponíveis internamente ao sistema contra os que são adquiridos externamente a ele, é também passível de avaliação. O Índice de Sustentabilidade (SI - *'Sustainability Index'*, ULGIATI et al. 1995) resultante é também calculado providenciando, juntamente aos outros indicadores, informações úteis sobre a dinâmica destas unidades como sistemas econômicos dentro da capacidade de suporte do ambiente no qual eles são inseridos.

Na análise de determinado setor ou processo de produção, os índices emergéticos avaliam a eficiência termodinâmica do processo, a qualidade de seu output, e a interação entre o processo e o ambiente onde ele ocorre.

Neste trabalho de tese pretende-se testar a hipótese de que, se para sua sobrevivência os seres humanos respondem às mesmas exigências termodinâmicas dos sistemas naturais, isto deveria ser passível de verificação pelos cálculos propostos pelo próprio Odum (1996) quando aplicados a sistemas de produção agrícola, diretamente relacionados aos fluxos de energia dos recursos naturais e suas contribuições aos processos de produção de alimentos.

1.3 Disposição do trabalho

Para atingir os objetivos propostos, o trabalho procurou contextualizar, na revisão bibliográfica, a questão econômica e a preocupação crescente com o uso adequado dos recursos naturais e sua valoração. Nesta análise histórica visou-se traçar o desenvolvimento do pensamento científico tanto do ponto de vista estritamente econômico, quanto da sua contrapartida 'biofísica', que mantém a visão da fundamental dependência dos processos econômicos do capital natural e a decorrente necessidade de se trabalhar com isto em mente.

Também, tornou-se necessário entender um pouco da dinâmica da questão agrícola no país pela investigação dos tópicos da a) geração de renda e capacidade de suporte dos ecossistemas, onde foi abordado também o conceito de *Capacidade de Suporte*; b) produção agrícola brasileira; c) ecossistemas e macrovetores de desenvolvimento; d) considerações sobre um novo modelo de agricultura sustentável e e) a importância da visão sistêmica na produção agro-industrial.

Procurou-se oferecer nesta revisão uma contextualização da metodologia emergética na agroecologia, com alguns estudos de caso.

Uma recente avaliação emergética do Brasil (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998) foi incluída para demostrar a relação entre emergia e dólar e sua relevância e uso na verificação da dinâmica do mercado nacional.

O Capítulo 3 caracteriza a região escolhida e suas unidades de produção agrícola e apresenta a teoria e a metodologia emergética, enquanto o 4 desenvolve a avaliação emergética em escala regional e local. O Capítulo 5 discute os resultados e compara diferentes sistemas de produção verificando padrões recorrentes e gargalos ao melhor aproveitamento dos recursos naturais e humanos. Finalmente, as conclusões procuram identificar áreas prioritárias de pesquisa e questões relevantes de políticas públicas para o planejamento regional dos agroecossistemas.

2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSTRUINDO UMA INTERFACE ECOLOGIA-ECONOMIA: Economia Ecológica, Economia Biofísica, Economia do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais ou Ecologia Econômica?

A contabilização de todos os intercâmbios entre os sistemas econômicos e ecológicos para poder atribuir valores adequados aos serviços dos ecossistemas e aos recursos naturais que sustentam a vida humana é um dos grandes desafios científicos atuais.

Este esforço conceitual conta hoje com duas vertentes principais e antagônicas. Uma que, partindo da ciência econômica, visa estabelecer uma nova contabilidade desta valoração e, lançando mão de métodos diretos (valoração contingente) e indiretos (custos de reposição, custo de viagem, preço hedônico) de valoração econômica do meio ambiente, pretende oferecer insumos para tomada de decisão. E outra que, partindo do meio biofísico, usando princípios ecológicos e termodinâmicos para analisar o processo econômico, lança mão de várias metodologias principalmente as de caráter energético pretendendo atribuir, por meio de conceitos diferenciados de energia (energia líquida, emergia etc.), valores aos recursos naturais e ambientais.

Como a maioria dos recursos ambientais não são transacionados pelo mercado, a primeira abordagem, baseada na teoria econômica neoclássica, procura desvendar por meio do método de valoração contingente, simulando a existência de um mercado, quanto o consumidor está disposto a pagar (WTP - *willingness to pay*), ou a aceitar recompensa (WTA - *willingness to accept*) por perdas de bens e serviços ambientais. Esta abordagem enfoca a questão ambiental do **ponto de vista do consumo**. Ainda apoiada nos princípios neoclássicos, a economia dos recursos naturais procura incorporar o *user cost*, ou seja, o custo de oportunidade de usar um recurso no presente ao invés de fazê-lo no futuro.

A segunda abordagem, de característica biofísica, procura identificar o valor dos recursos e seus respectivos custos em termos das energias, por quantidade e tipo, despendidas naturalmente na produção e na manutenção da sua existência. Esta abordagem contabiliza os recursos naturais e ambientais do **ponto de vista da produção.**

A limitação da teoria econômica neoclássica está na visão antropocentrista, do universo, onde o ser humano, a sociedade e seus valores culturais, éticos, sociais e econômicos, bem como suas susceptibilidades às contingências e mudanças bruscas de mercados e sistemas econômicos, ditam os valores dos bens e serviços ambientais. A limitação da vertente biofísica-ecológica está atrelada à presunção de que os seres humanos seguem as mesmas leis dos sistemas naturais e, se não o fazem, deveriam assim fazê-lo. Ou seja, uma vez averiguadas as maneiras e as proporções nas quais se dá a troca de energia nos vários níveis das cadeias alimentares, que lhes permite sobreviver dentro da capacidade de suporte dos relativos ecossistemas e biomas, a sociedade humana, deveria emular estes princípios de forma a, também, poder viver dentro da capacidade de suporte do seu meio. A economia deveria, então, conhecer, acatar e seguir fielmente os moldes dos processos naturais, principalmente das cadeias tróficas nos ecossistemas para ser sustentável a longo prazo.

Aqui o que está em questão é a Sustentabilidade. A Economia Neoclássica, ou primeira vertente, admite que para que esta possa ser atingida é necessário respeitar-se certas restrições de ordem física, e ela tem incorporado conceitos como "capacidade de suporte", a idéia de que a taxa de extração de um recurso não pode exceder sua taxa de renovação, etc. O que ela porém não aceita é a idéia de que devemos nos submeter às leis ecológicas tal qual qualquer outra espécie, pois detemos um fator que nos permite moldar o ambiente a nosso favor: o conhecimento, e com isso podemos não ter de nos submeter às restrições naturais (AMAZONAS, 1998, comunicação pessoal).

Ambas vertentes mantém um nobre esforço conceptual em metodologias e pesquisa que merecem ser verificadas. Vamos aqui acompanhar estas duas vertentes dentro da questão da contabilização ambiental e da relação entre economia e ecologia, para poder localizar a inserção da contribuição do presente trabalho dentre as perspectivas avaliadas.

2.1.1 Valoração Econômica, A Vertente Econômica

O esforço em propor uma metodologia econômica que assegure a sustentabilidade dos sistemas econômicos e ecológicos (CLEVELAND, 1987), tem se intensificado principalmente após a Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, a Rio '92, que forçou os países participantes a introduzir na sua contabilidade nacional perdas e danos ambientais e embutir no planejamento a questão da sustentabilidade econômica e ambiental do desenvolvimento a longo prazo. Esta sustentabilidade dependeria de nossa habilidade para construir objetivos e incentivos de curto prazo, respeitando o crescimento econômico local e interesses privados, consistentemente com objetivos globais de longo prazo, respeitando a sustentabilidade e o bem estar global (CONSTANZA, 1991).

Cabe, no início da apresentação desta vertente de valoração econômica tradicional, fazer um mapeamento sumário das diversas tendências conceituais dentro da própria economia. De forma bem generalizada, podemos dividí-las em dois grupos, a **ortodoxa**, ou *Mainstream*, que define o posicionamento da visão econômica neoclássica e novo clássica, e a **heterodoxa**, que envolve uma gama muito grande de tendências. Neste segundo grupo estariam os keinesianos e pós-keinesianos, os marxistas, os evolucionistas, ou schumpeterianos, os institucionalistas e os regulacionistas. Numa faixa nebulosa entre o *Mainstream* e o grupo heterodoxo, tem os novos keinesianos, que, usando o instrumental e princípios do *Mainstream*, buscam resgatar e adaptar princípios e teorias anteriores de Keynes.

Verificando o posicionamento destas tendências em relação à questão ambiental, que inclua a valoração dos recursos naturais e dos serviços prestados pelo ambiente à economia humana, podemos ulteriormente definir três grupos (AMAZONAS, comunicação pessoal, 1998):

1. Os ortodoxos, ou seja, a **versão neo-clássica da economia ambiental**, a *environmental economics*, que busca essencialmente um reajuste das contabilidade para acomodar esta 'nova' variável ambiental, sem, porém, alterar seus pressupostos básicos e sua visão de sustituibilidade dos fatores de produção, trocando recursos naturais por capital e trabalho. Segundo esta visão, sempre vamos encontrar respostas tecnológicas criativas às crises energéticas e ambientais, logo, a teoria embute este fator e não há um problema real. Aqui a incorporação das leis biofísicas não entra nos critérios econômicos, embora existam mecanismos que reconheçam parcialmente a reposição de recursos,

devido a eventual esgotamento, e o conceito de capacidade de suporte tenha recebido um tratamento matemático teórico.

2. Os partidários da **economia ecológica**, entre os quais estão os seguidores da tendência biofísica na economia, que buscam novas bases de avaliação de bens e serviços ambientais para poder fazer face às questões desenvolvimentistas, mundiais e locais, tanto do ponto de vista da sustentabilidade econômica quanto ecológica. Estes reconhecem o papel fundamental dos recursos naturais no processo de produção e, então, a presente crise ambiental face à crescente demanda destes recursos e serviços e suas limitações em estoques e processos. Embora os neoclássicos também o reconheçam, a forma de sua incorporação não está ligada aos processos biofísicos.

3. Os **heterodoxos**, marxistas, regulacionistas, institucionalistas, evolucionistas, que, embora criticando com mais ou menos veemência as visões, ditames e princípios da economia neo-clássica, dialogam com a economia ecológica, sem incorporar os princípios biofísicos nas sua análises (AMAZONAS, comunicação pessoal, 1998).

2.1.2 Economia Biofísica, a Vertente Biofísica

Caracterizada por uma grande gama de analistas de diferentes áreas de investigação, esta vertente analisa o processo econômico por meio dos princípios básicos da ecologia e da termodinâmica. Este esforço analítico teve origem no século XVIII com os Fisiocratas e não se constitui, como muitos podem pensar, um modismo resultante das crises energéticas e ambientais do anos 70 (CLEVELAND, 1987).

CLEVELAND (1987) fez uma resenha sobre a economia biofísica sob uma perspectiva histórica apontando, também, as tendências recentes. O referido artigo traçou a evolução do modelo biofísico iniciando com os Fisiocratas do século XVIII e com a formulação das leis da termodinâmica no início do século XIX, até o atual estado da arte, que ele caracteriza como marcado por testes empíricos de alguns princípios biofísicos básicos.

As duas características fundamentais da economia biofísica são: **a) as leis físicas governam as**

transformações de energia e matéria e b) a interdependência física entre os fatores de produção.

A primeira, com **ênfase nas leis físicas que governam as transformações de energia e matéria**, forma as bases do processo produtivo. Ao ignorar esta característica, a teoria econômica convencional não contabilizou na sua totalidade nem a significância econômica das mudanças na qualidade dos recursos naturais utilizados na produção, nem a importância econômica dos serviços básicos de suporte à vida. A segunda característica refere-se à **interdependência física entre os fatores de produção**, onde o suprimento de capital e mão-de-obra depende da alimentação de matéria e energia com baixas entropias, uma vez que capital e trabalho não podem criar fisicamente os recursos naturais. As funções de produção definidas pela economia convencional interpretam erroneamente esta importante interdependência. Por isto, os analistas biofísicos desafiam a hipótese da "onipotência da tecnologia", baseada parcialmente no modelo da substituição de fatores. Nesta hipótese, presume-se que o esgotamento dos combustíveis fósseis de qualidade e dos depósitos minerais não resultará num declínio no padrão de vida *per capita* porque este esgotamento, automaticamente, coloca em movimento forças que contrabalançam esse efeito. A questão central à hipótese da "onipotência da tecnologia" está no modelo neoclássico de substituição de fatores que descreve o mecanismo pelo qual o capital, a mão-de-obra e os recursos naturais podem ser substituídos um pelo outro em resposta a mudanças nos seus preços relativos (CLEVELAND, 1987).

2.1.3 Os Fisiocratas

A Fisiocracia, ou "reinado da natureza", foi reconhecida como a primeira escola organizada do pensamento econômico baseando seus conceitos numa "Lei Natural" e numa "Lei Moral", (NEILL, 1949). Postulava a produtividade agrícola como eixo do processo econômico e base para a sua compreensão. (QUESNAY, 1758, MIRABEAU, 1763, citados em CLEVELAND, 1987).

Os Fisiocratas acreditavam que a Natureza era a principal fonte geradora da riqueza, conceito este recorrente no pensamento dos economistas biofísicos. QUESNAY (1758) chegou a mensurar monetariamente o fluxo da produção líquida de bens entre a classe agrícola,

considerada 'produtiva', a comercial e de manufatura consideradas 'não-produtivas' ou 'estéreis'. Mensurou, inclusive, a distribuição do valor líquido da produção entre as classes dos 'proprietários', proprietários de terras, o rei e o clero, que recebiam o valor monetário da produção líquida da agricultura na forma de arrendamento, impostos e taxas. Neste modelo a renda econômica derivava do trabalho não-retribuído realizado pela Natureza, pois, ao estabelecer os preços dos alimentos, os produtores levavam em conta sua mão-de-obra, seus custos, e um valor excedente, 'surplus', proporcionado pela fertilidade do solo (BEER, 1939). Pela primeira vez foram representados, embora de forma elementar, os conceitos econômicos como o do equilíbrio geral e o sistema de *input-output* de LEONTIEF (1941), usados mais tarde como modelos econômicos.

2.1.4 As Leis da Termodinâmica

Com a descoberta e a formalização das Leis da Termodinâmica por CARNOT (1824), CLAUSIUS (1867) e outros, as ciências físicas e biológicas verificaram suas grandes implicações nas suas respectivas disciplinas. A Termodinâmica e o estudo dos fluxos de energia tornaram-se um índice universal pelo qual muitos processos biológicos e físicos diferentes foram passíveis de quantificação e comparação (CLEVELAND, 1987). As experiências de CARNOT (1824) com os motores a vapor demostraram a relevância da Segunda Lei da Termodinâmica na economia, ou seja, quanto trabalho útil podia ser realizado a partir de uma transformação energética. "*As experiências de Carnot também demonstraram que as leis termodinâmicas são essencialmente formulações econômicas de relações físicas, pois os termos energia* 'útil' *e energia* 'não-disponível' *referem-se à habilidade da economia de usar energia para elevar, 'upgrade', o estado organizacional dos recursos naturais, para bens e serviços úteis.*" (CLEVELAND, 1987).

Pesquisadores das ciências exatas e biológicas foram os primeiros a usar os fluxos de energia para explicar o desenvolvimento social e econômico. "*...o princípio fundamental da economia política é que o trabalho físico do homem pode ser apenas melhorado pela...transformação da matéria a partir de um estado bruto para uma condição artificial...pelo gasto daquilo que é chamado de potência ou energia.*" (HENRY, 1973, citado em CLEVELAND, 1987).

Herbert Spencer, biólogo e filósofo, comparou o processo evolucionário biológico e social à lei da entropia porque **a luta para a sobrevivência era a luta para a energia e recursos disponíveis** (SPENCER, 1880).

Segundo o químico alemão Wilhelm Ostwald, que incorporou a termodinâmica numa teoria geral de desenvolvimento econômico, a energia era a *'única generalização universal'*, posto que a energia possui o princípio de conservação em todas as circunstâncias, e por isto acreditava que as leis energéticas deveriam ser a 'fundação de todas as ciências'. A civilização seria um processo progressivo de controle da energia para os propósitos da humanidade.

"...o progresso da ciência é caracterizado pelo fato que mais e mais energia é utilizada para propósitos humanos, e que a transformação de energias na sua forma bruta...se dá por uma eficiência costantemente crescente." (OSTWALD, 1911, citado em CLEVELAND, 1987).

O primeiro a avaliar o processo econômico por uma perspectiva termodinâmica, PODOLINSKY (1883), socialista Ukraniano, tentou reconciliar a teoria da valoração do trabalho com a análise termodinâmica do processo econômico, concluindo que o modelo socialista era falho, pois presumia que o "socialismo científico" ia superar toda escassez de recursos naturais e possibilitar uma expansão material ilimitada. Segundo sua análise biofísica, os limites para o crescimento econômico não estavam acorrentados nas relações de produção, mas nas leis físicas e ecológicas. Seu trabalho antecipou em quase um século três conceitos amplamente usados por alguns analistas biofísicos:

1. o uso da análise de fluxos de energia para caracterizar a eficiência dos sistemas de produção de alimentos (STEINHART e STEINHART, 1974; PIMENTEL e PIMENTEL, 1979);

2. a modelagem da produtividade do trabalho como função da quantidade de energia usada para subsidiar os esforços do trabalho (CLEVELAND et al., 1984) e

3. a importância da produção de energia líquida ou de 'surplus' energético (COTTRELL, 1955, ODUM, 1971, HALL et al. 1986).

Podolinsky comparou o valor calórico dos alimentos produzidos à energia usada para produzi-los, incluindo o conteúdo energético das sementes e o gasto calórico dos seres humanos e dos animais de tração usados no processo. Ele chegou a calcular que a produção por área e a energia líquida eram maiores nos ecossistemas que estavam sendo subsidiados por inputs energéticos

controlados por seres humanos do que em sistemas naturais sem este subsídio.

2.1.5 Início do século XX

Frederick Soddy, prêmio Nobel de química, ao criticar a teoria econômica convencional, aplicou as leis da termodinâmica para sistemas econômicos e argumentou que uma teoria abrangente de riqueza econômica estava ligada às leis biofísicas,

A confusão na economia, entre *riqueza* (com uma dimensão claramente física, sujeita a se decompor) e às leis da termodinâmica, e *dívida*, uma quantidade matemática fisicamente adimensional, que não só não apodrece com a idade, mas aumenta matematicamente pelo juro simples e composto, divorcia o desenvolvimento das instituições financeiras dos princípios físicos subjacentes à produção de riqueza. Desta forma, em algum momento, o sistema bancário iria cair em colapso com as dívidas superando a riqueza. Ele propôs reservas de 100% e um estatuto que mantivesse um nível de preços constante (SODDY, 1926).

Para Soddy:

"A vida deriva a totalidade da sua energia ou potência física de nada que esteja contido em matéria orgânica viva, e menos ainda de uma deidade externa, mas unicamente do mundo inanimado. É dependente para todas as necessidades da sua continuação física dos princípios do motor a vapor. Os princípios e éticas de todas convenções humanas não podem ir contra os da termodinâmica." (SODDY, 1922, citado em CLEVELAND, 1987)

Enfatizando a energia solar como potencializadora de todos processos vitais Soddy viu a vida humana sendo sustentada e reabastecida por energia solar capturada e transformada por plantas. Acreditava que o progresso econômico tornava-se possível pela transição da energia solar direta para proficiências sucessivas no aproveitamento de combustíveis fósseis não-renováveis, gerando uma realização de trabalho sem precedentes quando os seres humanos exploraram o capital energético dos estoques de energia fóssil em vez da apenas energia solar.

A teoria de que os mecanismos da seleção natural pudessem ser explicados em termos energéticos, exposta por Lotka em 1922, foi usada por Odum (1971) para enfatizar a relação

entre qualidade de energia e sistemas biológicos. Segundo Lotka, o processo evolucionário, juntamente às leis da termodinâmica, formava uma lei "natural" subjacente a todo comportamento humano. A sobrevivência era um jogo regido pelas leis termodinâmicas. A seleção natural agiria para preservar e aumentar as populações daqueles organismos que maximizam o fluxo total de energia que passa por seu sistema. Quando as fontes de energia são o fator limitante, a conservação e a eficiência energética tornam-se fatores críticos no processo de seleção.

Em 1918, um grupo chamado a "Technical Alliance", tecnocratas liderado por Howard Scott, mediu os parâmetros econômicos da América do Norte em unidades energéticas e não em dinheiro, usando a energia como conceito unificador. Eles favoreciam a substituição constante do trabalho por capital e energia, compreendendo como Soddy (1926) que a produtividade do trabalho aumentava quando este era potencializado com maiores quantidades de combustível. Eles presumiam que a energia era o fator crítico que determinava o desenvolvimento sócio-econômico. Eles mediam a mudança social em termos físicos, em número médio de quilocalorias usadas por pessoa diariamente. Assim, o dinheiro seria substituído por certificados energéticos e o total do seu suprimento seria determinado pela quantidade total de energia usada na produção de bens e serviços. Este movimento caiu no esquecimento com a política do 'New Deal' e com o advento da Segunda Guerra Mundial (BERNDT, 1985, citado em CLEVELAND, 1987).

2.1.6 A década de 50

Em "*Energy and Society*" (1955) W. Fred Cottrell, sociólogo, analisa com profundidade o papel da energia nas atividades humanas enfatizando dois aspectos da relação entre qualidade energética e o desenvolvimento sócio-econômico. O primeiro aspecto sendo a diferença entre a energia produzida por um processo e a energia que é empregada no mesmo processo de produção, ou energia de 'surplus'. O segundo aspecto é a relação entre a quantidade de energia usada para subsidiar os esforços da mão-de-obra e sua produtividade. Cottrell (1955) argumentou que o fato de que na Revolução Industrial o trabalho humano foi suplementado por grandes quantidades de energia inanimada na forma de combustíveis fósseis foi revolucionário em termos econômicos. Isto resultou num aumento sem precedentes na quantidade de trabalho realizado por hora de trabalhador.

Também verificou a influência da qualidade da energia e dos excedentes energéticos no desenvolvimento dos padrões sócio-culturais, não chegando porém a afirmar que as leis físicas determinassem todos os relacionamentos sociais. Afirmou que a disponibilidade dos recursos determinava a direção geral das mudanças sociais. Segundo ele, a natureza e seus recursos estavam disponíveis de acordo com duas importantes condições:

1 o investimento de uma quantidade mínima de energia já retirada para encontrar e desenvolver quantidades adicionais de energia do ambiente, e

2 o uso de uma parte da energia disponível para proteger o próprio fluxo de energia de outros que o estejam buscando para sua própria preservação e sustento.

Cottrell (1955) acreditava, a respeito da primeira condição, que a qualidade mais importante de uma fonte energética era a energia adicional que esta fonte produzia e entregava ao sistema maior. Ele observou que, em geral, as sociedades adotavam uma nova tecnologia geradora de energia somente se ela produzia um excedente de energia maior, e, então, um potencial maior para produção de bens e serviços. Neste caso, a Revolução Industrial produziu uma expansão econômica e social sem precedentes em grande parte porque o excedente energético liberado pelos combustíveis fósseis tinha superado grandemente aquilo produzido pelas fontes renováveis de energia usadas anteriormente à Revolução. Isto é usado amplamente pela avaliação emergética de Howard Odum (1983, 1996) vários anos mais tarde.

Cottrell (1955) declarou também que as mudanças na quantia dos excedentes energéticos entregues à sociedade poderia definir os limites da expansão econômica. Ele investigou as diferenças entre as abordagens biofísicas e as humanistas sobre a evolução biológica e cultural. Os organismos capturam a energia radiante do sol como meio de perpetuar os padrões que os diferenciam um dos outros, semelhantemente a Lotka. *"O homem não pode fugir da termodinâmica...sua eficácia em controlar as conversões energéticas para que elas sirvam suas necessidades e satisfaça seus valores é uma medida da sua provável sobrevivência no seu habitat."*

Hubbert (1949) foi pioneiro em coletar dados sobre as taxas de produção de energia, descobertas e consumo energéticos para predizer disponibilidades energéticas futuras. Geofísico, ele revolucionou a forma de analisar o suprimento de recursos não-renováveis, chegando a predizer que a era dos combustíveis fósseis estaria brevemente findando, embora ela tenha exercido uma influência drástica na espécie humana, superior a qualquer outra, durante sua

história biológica. Esta influência levou Hubbert (1966) a criticar a economia convencional por sua falta de base biofísica:

"Falamos da taxa de crescimento do Produto Nacional Bruto. Não tenho a mínima idéia de que isto quer dizer quando tento traduzi-lo em carvão, petróleo ou ferro, e as outras quantidades físicas que são necessárias para o funcionamento de uma indústria...a quantidade de PNB é uma entidade de contabilidade monetária. Obedece as leis do dinheiro. Pode ser expandida ou diminuída, criada ou destruída, mas ela não obedece as leis da física." (HUBBERT, 1966, p.291, citado em CLEVELAND, 1987).

Isto torna-se cada vez mais evidente quando notícias como o aumento de 29% do PNB brasileiro, devido às mudanças cambiais, são veiculadas nos jornais com a maior serenidade e aparente inconseqüência (Folha de São Paulo, 21 de Julho de 98).

A ironia é que as subsequentes previsões de Hubbert, que confirmaram a precisão dos seus modelos matemáticos sobre a disponibilidade do petróleo (HUBBERT, 1980) e do ponto alto da produção doméstica americana de petróleo, viessem de um cientista das ciências físicas.

2.1.7 A Economia Biofísica nos Anos 70

Os acontecimentos ligados à crise do petróleo, altas dos preços, estrangulamento do suprimento e o movimento ambiental nos anos 70 fizeram da energia e dos recursos naturais uma questão importante de ponto de vista social, econômico e político.

No seu livro *Environment, Power and Society* , Howard T. Odum (1971) desenvolveu uma metodologia sistemática usando fluxos de energia para analisar de forma integrada os sistemas da humanidade e da natureza (ODUM e ODUM, 1983; ODUM, 1983). Ele evoluiu um conceito de valoração dos recursos e serviços ambientais baseado numa medida indexadora única chamada *'emergia'*, escrito com 'm'. A emergia é usada para avaliar os fluxos de energia e recursos que sustentam a biosfera, incluindo o trabalho realizado pelas atividades humanas e, consequentemente, a economia. Nesta proposta contempla-se um 'sistema doador' de valor, baseado na quantidade de *emergia* solar necessária à produção de produtos ou processos, o que é visto por ele como a única forma de reverter a armadilha lógica inerente nas avaliações

econômicas tradicionais, que sugerem que o conceito de valor brota unicamente pelo uso humano dos recursos ou suas contribuições à manutenção da sociedade.

A maioria dos sistemas de valoração econômica são alicerçados no conceito de utilidade, ou o que recebe-se por um processo de transformação energética. Assim, por exemplo, os combustíveis fósseis são avaliados na base do calor produzido quando da sua queima. A avaliação econômica está baseada na *vontade de pagar* por um determinado bem. Como uma visão oposta de valor na biosfera, a contabilidade emergética registra o que foi investido num processo ou produto e não naquilo que foi recebido por seu uso.

Por esta metodologia, os estoques de capital natural e os fluxos de recursos ambientais são avaliados em unidades emergéticas e relacionados ao Produto Mundial Global ('Global World Product', GWP) Por meio de vários índices emergéticos, avalia-se a relativa sustentabilidade de processos e de economias regionais e nacionais. A base termodinâmica de toda forma de energia e matéria é usada neste novo método de avaliação, definido como 'Contabilidade Emergética', onde estas energias e materiais são convertidos in equivalentes de uma única forma de energia, normalmente usando o referencial da energia solar.

Segundo Odum (1976b) a energia é uma fonte de valor econômico. Sempre que existe um fluxo monetário na economia, há uma exigência de fluxo energético na direção oposta. A compra em dinheiro de bens e serviços derivam da energia e cada compra funciona na economia como uma retroalimentação, estimulando a retirada de mais energia dos recursos naturais para a economia para produção adicional de bens e serviços. Enquanto o dinheiro circula numa alça fechada, energia com baixa entropia é importada pelo sistema econômico, usada para atividades econômicas, e sai do sistema como calor degradado. Ele também observou que os poderosos fluxos naturais de energia como a radiação solar, a água, o vento, etc. que são essenciais aos processos da vida humana, não estão associados aos fluxos monetários. Os custos do uso destes fluxos energéticos não entram diretamente, então, nas transações econômicas, levando ao seu mal uso e à má administração dos serviços ambientais que suportam a vida humana.

Howard Odum combinou a teoria darwiniana da seleção natural com a hipótese do princípio da "*Maximização da Potência*" de Lotka (1922), aplicada à seleção natural, criando a "lei geral da energia" que definia que o maximizar do trabalho útil obtido pela conversão energética era o critério para a seleção natural. Ele definiu esta 'lei' como o 'Princípio da Máxima Potência', observando que sistemas ecológicos e outros sistemas que sobrevivem e prosperam usam a

energia numa taxa e eficiência dentro de um 'optimum', que os capacita a captar recursos e produzir bens de forma 'melhor' de que as outras estratégias de utilização de energia dos sistemas competidores. Como os sistemas humanos estão sujeitos às mesmas restrições energéticas de qualquer outro sistema, Odum (1971) sugere que qualquer ética para a sobrevivência dos seres humanos deve responder a esta mesma exigência termodinâmica.

Odum (1971) propôs a hipótese de que tanto a evolução biológica quanto a cultural operavam a taxas e eficiência diferenciadas de uso energético pelos ecossistemas e pelas economias.

Segundo CLEVELAND (1987), duas das mais importantes contribuições de Howard T. Odum à economia biofísica são o conceito de qualidade de energia (ODUM, 1983) e os fluxos opostos de energia e dinheiro na economia (ODUM, 1983). A qualidade energética refere-se à habilidade relativa da economia de usar diferentes combustíveis para produzir um bem econômico por cada equivalente calórico despendido. Odum argumenta que por causa desta diferente qualidade dos combustíveis, as sociedades com acesso a combustíveis de maior qualidade tem uma vantagem econômica sobre as que só podem acessar combustíveis de qualidades inferiores. Ele também propõe a importância de se acoplar às várias atividades econômicas combustíveis de qualidade apropriada para estas atividades. Combustíveis de maior qualidade, como a eletricidade, seriam melhor aproveitados para controlar os fluxos na economia de maiores quantidades com qualidade menor. Exemplificando, o uso da eletricidade para aquecimento do espaço torna-se um mal uso de energia de alta qualidade, pois este aquecimento poderia ser providenciado por petróleo, carvão ou madeira, combustíveis de qualidade inferior; enquanto a eletricidade é perfeitamente adequada para a operação de um computador, que pode realizar grandes quantias de trabalho por quilocaloria de eletricidade.

Para Cleveland (1987) o trabalho de Odum (1971, 1976b, 1983) tem sido objeto de grande controvérsia, principalmente seu conceito de valoração econômica, onde a energia de baixa entropia seria a fonte de valor econômico, uma teoria de valor pela energia, o que é totalmente rejeitado pelos economistas neoclássicos. Assim, muitos conceitos profundos e únicos das interações entre economia e ecologia por ele elaborados e propostos tem sido rejeitados ou totalmente ignorados. Esta discussão será retomada mais adiante.

COSTANZA (1980), seguindo as teorias propostas por Odum, analisou a relação entre o uso direto e indireto da energia na produção de um bem ou serviço na economia americana e o valor monetário ligado àquele bem ou serviço nas transações do mercado. Ele usou o termo de

'energia incorporada' para descrever o custo energético total de um bem ou serviço. Este mesmo termo tinha sido usado por Odum e posteriormente (1983) renomeado 'emergia', com 'm', ou energia memorizada, para definir uma acumulação progressiva de energia ao longo das várias transferências energéticas presentes ambos nas cadeias alimentares naturais quanto nos processos de produção humana de bens ou serviços.

A teoria de valoração pela energia incorporada de Odum (1983) e Constanza (1980), segundo a qual o valor de qualquer bem ou serviço aos seres humanos está ultimamente relacionado à quantidade de energia diretamente e indiretamente usada na sua produção, foi criticada por vários economistas como reducionista (DALY, 1981; HUETTNER, 1982). A estas críticas Constanza (COSTANZA e HERENDEEN, 1984) respondeu com uma argumentação teórica baseada em duas presunções: primeiramente, a energia solar é o único input líquido na nossa biosfera fechada. Segundo, seguindo a argumentação de Lotka e Odum, o esforço para captar energia livre para sustentar a vida e manter os arranjos culturais existentes era a mais fundamental das atividades humanas. Baseado nisto, ele propôs a hipótese que um mercado livre em perfeito funcionamento iria chegar a preços proporcionais ao conteúdo de energia incorporada por um complexo processo evolutivo. Como o mercado não é perfeito, porém, os cálculos em energia incorporada podem apontar problemas e atribuir valores a bens e serviços fora do mercado, como os ambientais, que são vistos como externalidades.

A metodologia empírica da economia biofísica recebeu uma grande contribuição do *Energy Research Group (ERG)*, na Universidade de Illinois, que desenvolveu mais de 300 trabalhos dentro de pouco mais de uma década, entre os quais um modelo *Input-Output* da economia dos Estados Unidos baseada nos fluxos energéticos a partir do qual podia-se calcular os custos energéticos diretos e indiretos de qualquer bem ou serviço.

HANNON (1977) propôs que os Estados Unidos adotassem uma forte ética conservacionista para contrabalançar o suprimento doméstico decrescente de combustíveis fósseis e o aumento na dependência de fontes externas de combustíveis. Os consumidores precisavam tornar-se mais conscientes do impacto das suas decisões nas demandas energéticas, pois diferentes bens e serviços tinham custos energéticos diferenciados. Hannon chegou a propor vários métodos para encorajar a conservação de energia entre os quais era o uso de cupons energéticos que seriam trocados pelas energias direta e indiretamente incorporadas em bens e serviços; isto era consistente com a filosofia biofísica de Soddy e dos Tecnocratas, que acreditavam que as instituições econômicas e financeiras convencionais eram inadequadas nas suas alocações de

energia e outros recursos.

AYRES (1978) descreveu a inconsistência do modelo fechado e cíclico da economia convencional , usando um modelo de balanço de energia e matéria, com a Primeira Lei da Termodinâmica, que declara que toda matéria e energia de baixa entropia que entra no processo econômico como matéria prima útil deve no final sair do processo e retornar à natureza como lixo de alta entropia. Isto implica que as 'externalidades' não são características excepcionais do processo econômico, como presumido por alguns econominstas teóricos, mas parte integrante dele. Assim, quanto mais rapidamente esgotamos os estoques de recursos minerais negentrópicos[1], depósitos de recursos naturais altamente ordenados, mais aceleramos a demanda para um esgotamento de recursos de energia fóssil, pois normalmente os recursos de menor qualidade energética requerem mais energia para sua extração. Este efeito é ampliado, na medida em que os combustíveis de alta qualidade como o petróleo são esgotados e porque combustíveis de menor qualidade, como o carvão, passam a ser usados e requerem um maior investimento pela extração de unidade energética. Soma-se a isto, o fato de que o modelo econômico convencional para escassez dos recursos naturais tem até recentemente ignorado o aumento no custo ambiental devido ao acúmulo de lixo de alta entropia acarretado pelo aumento do uso de energia e matéria.

Entre os desenvolvimentos da economia biofísica encontra-se a importante contribuição do economista GEORGESCU-ROEGEN (1979), bom conhecedor da matemática e da termodinâmica.

No seu trabalho *The Entropy law and the Economic Process* (A Lei da Entropia e o Processo Econômico, 1971), ele chama as leis da termodinâmica como "as mais econômicas de todas as leis físicas". Para ele o processo econômico é unidirecional: o que entra no sistema é energia e matéria valiosas e de baixa entropia, e o que sai dele são bens e serviços valiosos mais matéria degradada e calor disperso, sem valor e de alta entropia. Focalizando, porém, na troca circular de bens e serviços, a economia convencional perdeu de vista a sensibilidade às mudanças na qualidade dos estoques naturais de recursos de baixa entropia e também à degradação dos processos básico de suporte da vida providenciados gratuitamente pela natureza. Para Georgescu-Roegen, a termodinâmica é a física do valor econômico e cada desenvolvimento progressivo da termodinâmica e das ciências físicas oferece provas adicionais da ligação entre o processo econômico e as leis físicas, embora tal perspectiva esteja totalmente ausente da teoria

[1] Negentropia, ou negação da entropia, refere-se aqui à constituição termodinâmica organizada e não dispersa, ou entrópica, dos recursos minerais encontrados *in natura*.

econômica convencional.

Para ele, também, sem o conceito da ação humana tendo algum propósito, onde o fluxo psíquico, no direito do gozo da vida por todos membros da sociedade, é o produto final real da produção humana, seu verdadeiro 'output', não podemos estar no mundo econômico. Desta forma, a baixa entropia é elemento essencial, mas não suficiente para vida humana e sua subsistência.

Georgescu, se diferencia da maioria dos economistas "biofísicos": para ele claramente há um lado tipicamente humano na economia, o qual não é redutível à energia ou outras unidades biofísicas; isto, apesar de Georgescu (1979) ter sido possivelmente o autor que mais contribuiu para mostrar que é impossível se pensar a economia fora das leis da termodinâmica. Ou seja, estas são absolutamente necessárias, porém não suficientes. Esta questão será retomada mais adiante.

Outro autor de grande contribuição para a economia biofísica a partir dos anos 70 é Herman Daly (1977), segundo ele, há uma grande inconsistência entre a ênfase colocada no crescimento econômico, e a energia e as realidades ambientais com que nos deparamos. Isto, analogamente ao que SODDY (1926) argumentava, nos faz pensar que o avanço tecnológico é ilimitado, especialmente quando nos preocupamos com fluxos monetários às custas dos princípios termodinâmicos.

DALY (1985) critica o modelo conceitual convencional do processo econômico, onde o valor de troca incorporado em bens e serviços flui de empresas para lares e é chamado de produto nacional. Um contrafluxo de igual valor, na forma de fatores de produção, flui de volta para as empresas, a partir dos lares, e é chamado de renda nacional. Este fluxo é descrito como circular, auto-alimentador e auto-renovável. Ele argumenta que este modelo circular está seriamente incompleto por focalizar no fluxo circular de valor de troca, o dinheiro, em vez da contribuição, por toda parte, de recursos naturais de baixa entropia dos quais ultimamente derivam todos bens e serviços. Ele declara:

"É, naturalmente, a contribuição em todos os fatores da produção (de matéria/energia), não o fluxo circular do valor, que afeta o ambiente na forma de esgotamento e poluição. É impossível se estudar a relação da economia ao ecossistema em termos do modelo de fluxo circular, porque o fluxo circular é um sistema isolado, auto-renovável com nenhuma entrada ou saída, nenhum possível ponto de contato com qualquer coisa fora dele mesmo. Porém, na teoria econômica o

fluxo circular está com toda a publicidade, enquanto o conceito de contribuição que incide em todos os aspectos da produção é apenas levemente visível nas sombras. Consequentemente, a relação da economia com o seu ambiente é uma questão que a teoria econômica tem apenas ocasionalmente iluminado e muitas vezes obscurecido." (DALY, 1985).

DALY (1985) argumenta sobre os benefícios de uma economia em equilíbrio onde o estoque de riquezas físicas, capital, e a população são mantidos constantes. Os custos sociais, associados a uma transição voluntária para uma economia em equilíbrio, de um controle da riqueza pelo controle da taxa de uso de matéria e energia, e de alguma forma de prática de controle populacional, seriam muito inferiores aos que ocorreriam se as condições ambientais nos forçassem a tal mudanças.

Embora correto em princípio, este conceito é questionável para as nações pobre do mundo onde os indivíduos consideram seus filhos como um programa de assistência social que vai suprir suas necessidades vitais uma vez que o governo não o pode fazer. Além disso, é fato reconhecido que o aumento da renda está diretamente relacionado à diminuição do número dos filhos

2.1.8 Recursos Naturais na Teoria Econômica

Como os recursos naturais não tiveram um papel central nos modelos econômicos convencionais desde o tempo dos Fisiocratas, os economistas foram quase que totalmente excluídos das discussões acima. Nem os recursos naturais registravam uma classificação até 1969 no *Economics Abstracts* e no *Journal of Economic Literature*, e a proliferação da pesquisa nesta área nos últimos anos foi principalmente devida às críticas dos economistas biofísicos e às mudanças no suprimento de algum recursos naturais importantes. *Limits to Growth*, publicado por Meadows e outros autores em 1972, levantou uma série de questionamentos, amplamente divulgados, pelo uso de modelos simplificados de computador, que fizeram projeções do colapso econômico e social da sociedade industrial por uma combinação de aumento populacional, aumento da degradação ambiental e aumento na escassez de recursos naturais. Os choques econômicos e energéticos dos preços de derivados de petróleo também estimularam a pesquisa. Uma revisão da literatura econômica sobre os recursos naturais após 1972 procura desautorizar o argumento que o crescimento econômico futuro estivesse ameaçado por mudanças na qualidade dos recursos, como sustentava os modelos desenvolvidos em *Limits to Growth*. Os economistas

especialmente argumentavam que estes modelos físicos não podiam descrever o papel dos recursos naturais nos processos de produção por eles não levarem em consideração a eficácia das mudanças tecnológicas que superariam qualquer problema ligado ao uso destes recursos (SIMON, 1981).

O fato da disponibilidade de grandes quantidades de recursos naturais de baixo custo e alta qualidade, tanto renováveis (madeira, água, terra cultivável) quanto não-renováveis (metais e combustíveis fósseis), principalmente nos Estados Unidos, pode explicar parcialmente a ausência de uma base biofísica na teoria econômica moderna. Outra forte razão para esta exclusão é a forte posição antropocêntrica da teoria econômica desde o século XVIII. Na teoria clássica, neoclássica e marxista, as funções forçantes do sistema econômico tem sido os tratos humanos, tanto idéias, desejos, e metafísicos e morais quanto a contribuição da força física humana nos processos produtivos.

A unicidade dos seres humanos é tal, para alguns economistas, que nenhuma teoria física jamais alcançará uma explicação do seu comportamento.

"A idéia de unicidade, presente em várias filosofias e religiões é plausível. Georgescu (1979) também concordaria com ela. Da mesma forma que seria errado subsumir os aspectos biofísicos da economia a explicações humanas (sociais, psíquicas, tecnológicas, monetárias, etc), como fazem os economistas neoclássicos, também seria incorreto querer subsumir os atributos tipicamente "humanos" a unidades biofísicas." (AMAZONAS, comunicação pessoal).

SMITH (1980) afirma que a escassez de recursos naturais não pode ser um problema durável pois a mudança tecnológica vai extender a vida dos recursos, ou aumentando a eficiência do seu uso, ou localizando novos depósitos. Uma outra forma, seria de desenvolver substitutos com preços comparáveis para os recursos escassos. Entre vários autores SOLOW (1974) demostrou numa análise teórica que uma renda per capita constante poderia ser mantida em épocas de diminuição da disponibilidade de recursos pela substituição dos recursos naturais pelo capital no processo de produção; presumindo que a escassez de recursos promove o melhoramento de seu uso e que sempre encontraria soluções por meio do mecanismo do preço no mercado. Estes modelos, porém, tem sido desafiados por recentes desenvolvimentos na teoria econômica biofísica.

2.1.9 Desenvolvimentos Recentes

"Podemos definir matéria e energia como fatores explícitos de produção, mas isto não elimina a dificuldade...[as funções de produção convencionais sugerem que] poderíamos até reduzir o input de materiais para zero, substituir suficiente capital e mão-de-obra, e ainda produzir a mesma quantidade de bens. Claramente, isto é fisicamente impossível. Ambos os bens finais produzidos pela economia e o estoque de capital usado para produzi-los incorporam uma certa quantia de massa e energia. Massa e energia não podem ser criados pela mão-de-obra ou pelo capital...Os teóricos da economia, pelo menos resumindo, parecem ter inventado a máquina de moto-perpétuo..." (AYRES e NAIR, 1984).

O modelo de Solow (1974) é incompatível com as leis básicas da física, pois, se pela Primeira Lei da Termodinâmica podemos substituir alumínio pelo cobre, quando este se tornasse escasso, é fisicamente absolutamente impossível substituir mão-de-obra ou capital por materiais como alumínio ou cobre. Pesquisas recentes por analistas biofísicos contestam uma outra pedra fundamental da teoria econômica convencional: a substituição de fatores de produção. O modelo teórico de Solow e outros economistas, que argumentam que os recursos naturais não são importantes, pelo fato de que a produção pode ser mantida indefinidamente no mesmo nível, se o capital (ou algum outro fator) é continuamente substituído pelos recursos naturais, está baseado em funções de produção que violam as leis da física. Estas funções não distinguem entre recursos e qualquer outro fator de produção. Isto é incorreto, pois matéria e/ou energia de baixa entropia é necessária para manter e refinar todas as estruturas ordenadas, incluindo capital e trabalhadores, contra as investidas da entropia. Também, nem o capital nem o trabalho podem criar a matéria e/ou energia de baixa entropia das quais eles derivam e das quais eles dependem para operar. A construção e a manutenção de um aumento no estoque de capital requer um aumento na retirada de estoques de matéria e/ou energia de baixa entropia.

A importância do trabalho de Podolinsky (1883), Soddy (1922, 1926), Cottrell (1955), Odum (1971, 1976b, 1983, 1996)e outros está sendo resgatada, pois está se reconhecendo a utilidade da perspectiva biofísica e identifica-se mais claramente algumas das limitações do tratamento econômico padrão dos recursos naturais. HANNON (1986) conclui pela negação da argumentação de Solow (1974), pois o progresso técnico e a substituição de fatores de produção dependem dos recurso naturais e estão por isto limitados pelas leis físicas que governam todas as

transformações de recursos.

Em relação à escassez de recursos precisa-se reconhecer que para extrair ou explorar os próprios recursos naturais precisamos usar quantidades maciças de recursos naturais na primeira instância (AYRES, 1978; GEORGESCU-ROEGEN, 1979; CLEVELAND et al., 1984). O progresso técnico foi definido por CLEVELAND et al.(1984) como a habilidade de potencializar os esforços do trabalho com maiores quantidades de combustivel de maior qualidade, desta forma aumentando a produtividade do trabalho e diminuindo a quantidade de trabalho necessária para produzir uma unidade de recurso.

Desde a década de 30 os custos do trabalho e do capital por unidade diminuiram, mas o custo energético por tonelada de metal e por quilocaloria de combustível fóssil aumentou dramaticamente (CLEVELAND et al. 1984). HALL et al. (1986) descobriram que o excedente energético entregue pela indústria americana do petróleo diminui de mais de 100 kcal de combustível entregue por cada kcal de energia investida, nos anos 30, a cerca de 10 a 20 kcal devolvida por cada kcal investida em 1980. Eles também enfatizaram o perigo de usar apenas medidas econômicas de escassez pois elas ignoram a energia usada para extrair e processar novas quantidades de energia.

GEORGESCU-ROEGEN (1979) e CLEVELAND et al. (1984) concluíram que o uso das presunções da economia neoclássica de diminuir o papel dos recursos naturais é incorreto pois estas presunções ignoram a interdependência física do capital, trabalho e recursos naturais. Embora o modelo neoclássico substitutivo possa refletir as possibilidades de substituição a nível microeconômico, ele falha a nível macroeconômico, pois está ignorando a relação física entre os fatores de produção.

Finalizando, a maioria dos economistas tanto neoclássicos quanto marxistas rejeitam totalmente os modelos da economia biofísica (ENGELS, 1882; KAYSEN, 1972), segundo eles, os modelos biofísicos ignoram ou subestimam a habilidade das idéias humanas, manifestas em novas tecnologias, de resolver mudanças na qualidade dos recursos rapidamente e com eficácia para prevenir um decréscimo a longo prazo da riqueza per capita. Não haveria um limite à mudança tecnológica, pois não existe uma razão *a priori* para acreditar que a taxa de geração de novas idéias irá diminuir no futuro. O conhecimento vem a ser 'o recurso por excelência' (SIMON, 1981) e a literatura econômica abunda de referências ao crescimento exponencial das mudanças tecnológicas. A resposta do DALY (1985) é enfática:

"...arranjos improváveis não podem ser impostos sobre pó e cinzas por uma brisa intermitente. Necessita-se de minerais concentrados e de energia disponível. Matéria energia de baixa entropia são necessárias para incorporar o conhecimento em estruturas físicas. Matéria energia de alta entropia não podem ser seladas com o selo do conhecimento humano. Isto é o que a torna lixo. Nós deveríamos ter cuidado com a elevação do conhecimento a um substituto universal para os recursos."

A idéia de que os modelos biofísicos ignoram ou subestimam a habilidade das idéias humanas é razoável, o que porém não autoriza afirmar-se que o conhecimento humano supera qualquer restrição, pois aí, reversamente, é o modelo antropocêntrico que ignora ou subestima a importância dos atributos biofísicos da realidade, que independem do homem e dos quais ele depende (AMAZONAS, comunicação pessoal).

A noção que a mudança tecnológica tenha o poder de auto-correção e auto-geração é demasiadamente simplista à luz da observação empírica, de que um grande componente da mudança tecnológica dependeu do aumento do uso do combustível fóssil por cada trabalhador (HALL et al., 1986).

"A economia não pode mais se dar o luxo de ignorar, minimizar, ou representar indevidamente o papel dos recursos naturais no processo econômico. Em última análise, a qualidade dos recursos naturais define limites amplos mas específicos sobre o que é ou não é economicamente possível. Ignorar tais limites leva à ilusão eufórica de que os únicos limites para expansão econômica existem apenas em nossas próprias mentes." (CLEVELAND, 1987).

2.1.10 Estado Atual

Partidários da economia ecológica, CONSTANZA et al. (1991), sustentam que, para assegurar sustentabilidade dos sistemas econômicos e ecológicos, dependemos de nossa habilidade para construir objetivos e incentivos de curto prazo(respeitando o crescimento econômico local e interesses privados), consistentemente com objetivos globais de longo prazo(respeitando a sustentabilidade e o bem estar global)

Tradicionalmente, as várias culturas têm usado o sistema de tabus, moral religiosa ou

condicionamentos éticos para conduzir objetivos e restrições de longo prazo localmente e processos de decisão a curto prazo, principalmente por tentativa e erro. Este processo é hoje inviável e o rigor científico do conhecimento das conseqüências futuras das atividades atuais, que levem a processos de decisão locais de curto prazo com rapidez e eficácia, vai requerer:

1. Estabelecimento de uma hierarquia de objetivos para planejamento e administração economica-ecológica a nivel local, nacional e global. Sustentabilidade poderia ser o objetivo de longo prazo primordial, recolocando o foco atual no crescimento do Produto Nacional Bruto. O crescimento da economia local dentro de uma hierarquia é um objetivo válido e que pode ser estendido consistentemente com a sustentabilidade. Economistas ecológicos podem ajudar a desenvolver e popularizar esta hierarquia de objetivos , sublinhado uma visão global. Os objetivos podem ser operacionalizados para fazerem parte de um debate político, e implementados nas estruturas de decisão das instituições que afetam a economia global e a ecologia(tal como o Banco Mundial)

2. Desenvolvimento de capacidades de modelagem economia e ecologia globais, permitindo-nos ver a extensão de possíveis resultados de nossas atividades atuais. Economistas ecológicos podem exercer um papel central neste aspecto.

3. Ajustar preços atuais para refletir em última análise custos globais, incluindo a incerteza. Para parafrasear um ditado popular, nos deveríamos modelar globalmente e ajustar incentivos localmente de maneira acordada.

4. Desenvolvimento de políticas que liderem para um não rápido declínio no estoque de capital natural. Estas políticas encorajarão uma inovação tecnológica que os otimistas estão contando enquanto conservarão recursos no caso dos otimistas estarem errados. (CONSTANZA et al. 1991).

O '*International Workshop of Energy Flows in Ecology and Economy*', em maio de 1998, em Porto Venere, na Itália, debateu o uso sustentável de recursos e energia e suas implicações para o sistema econômico humanidade/natureza percebido como um todo. Pesquisadores de várias tendências elaboraram um documento preliminar que ilustra as tendências e necessidades de um esforço integrativo de várias metodologias de análise econômica-ecológica.

O objetivo do Workshop era de discutir e procurar um terreno comum na definição de escalas

e limites, métodos de análise, iniciativas de determinação de políticas e necessidades de pesquisas para gerar um padrão mais equilibrado das relações homem-ambiente.

Embora desenvolveram-se nas últimas duas décadas várias abordagens metodológicas no campo da análise de sistemas econômicos e ecológicos, baseadas em avaliações de caráter energético, nenhuma delas está universalmente reconhecida por ter capturado a complexidade dos problemas enfrentados hoje pela humanidade.

Abordagens complementares diferentes tornam-se necessárias pela natureza destes problemas, o que torna essencial a procura de ligações, o encorajamento de 'traduções', o desenvolvimento de procedimentos comuns e finalmente a definição de caminhos comuns de pesquisa de caráter integrador. Embora esta meta não deva ser confundida com o mito de cancelar a diversidade das descrições científicas que, olhando para uma realidade complexa, buscam abordagens específicas e únicas.

2.2 Geração de renda e Capacidade de Suporte dos Ecossistemas

A política de providenciar oportunidades de geração de renda, ou a maximização dos postos de trabalho, que garanta a redução da pobreza e de segurança alimentar, precisa ser vista no presente questionamento sobre a capacidade de suporte dos recursos naturais para as atividades agro-industriais, ou seja, além dos cinco requisitos básicos sócio-econômicos essenciais para tanto:

a) mudança de distribuição de ativos;

b) restruturação produtiva setorial;

c) redução da vulnerabilidade do mercado de trabalho;

d) apoio ao consumo social e

e) organização dos excluídos (VEIGA, 1997),

necessita-se de uma visão sistêmica que possa definir, quantificar e contabilizar a contribuição dos recursos naturais aos processos de produção humana.

Desta forma chega-se mais perto a uma compreensão dos limites naturais presentes nos variados ecossistemas que ocupamos e, então, à definição de sua capacidade de suporte, identificando gradientes de sustentabilidade ambiental destes processos produtivos.

Nas práticas agrícolas convencionais, ou "clássicas", dependentes de fontes exógenas de nutrientes e energia, o trabalho realizado pela diversidade e complexidade do ecossistema é substituído pelo combustível fóssil. Precisa-se então combinar "*a utilização de insumos e equipamentos ditos modernos, com a exploração dos recursos que oferece o próprio ecossistema agrícola, desde que manejado de acordo com certas regras agronômicas.* (VEIGA & ROMEIRO, 1994).

Não faz muito sentido falar na capacidade de suporte para seres humanos como para outras espécies, pois a evolução cultural tem um efeito profundo sobre os impactos antrópicos no ambiente. Mudando-se o comportamento aprendido pelos seres humanos e pela incorporação de novas técnicas e ferramentas, estes impactos variam nos ecossistemas por várias ordens de magnitude. Também, em termos da sua capacidade de suporte, os seres humanos podem ser considerados como várias sub-espécies, cada qual com seu grau de necessidade e impacto,

tornando-se necessário definir cada uma das sub-espécie com seu nível de uso de recurso e capacidade de suporte (BLAIKIE e BROOKFIELD, 1987). Muitos estudos de caso indicam que não existe uma correlação linear entre uma população crescente e a densidade, e pressões que degradam a terra e a desertificam. Num estudo (BLAIKIE e BROOKFIELD, 1987) descobriu que a degradação da paisagem natural pode acontecer por causa do aumento da pressão populacional nos recursos, numa situação de declino desta pressão, e até sem esta pressão. Cientificamente precisa-se, então, procurar modelos sistêmicos mais complexos onde os efeitos das pressões populacionais sejam analisados no seu interrelacionamento com outros fatores. Isto nos permitiria diferenciar entre a população sendo a causa '*próxima*' da degradação ambiental da corrente de efeitos causados pela população juntamente a outros fatores como as causas '*definitivas*' desta degradação (COSTANZA et al., 1997). Aqui poderiam explorar-se métodos de estimação mais precisa do impacto total da população vezes o uso de recurso per capita, como a "Identidade Ehrlich" (Poluição / Área = Pessoal / Área x Produção Econômica / Pessoas x Poluição / Produção Econômica) ou seja, Emissão de CO_2/Km^2 = População / Km^2 x GNP / População x Emissão de CO_2 / GNP; assim que nenhum fator individualmente domine os padrões de mudança do impacto total em relação ao tempo. Isto aponta à necessidade para estudos locais das relações causais entre combinações específicas de populações, consumo, e produção, sendo que estes estudos locais precisam visar uma teoria generalizada que considere a grande variedade de experiências locais. Uma nova estruturação deveria expandir a definição das questões onde o focus não estaria apenas no tamanho populacional, sua densidade, taxa de crescimento, distribuição etária e razão sexual, mas também no acesso aos recursos, empregos, dimensões sociais e implicações do gênero, e estruturas de poder. "Novos modelos onde o controle populacional não é apenas uma questão de planejamento familiar, mas de planejamento econômico, ecológico, social e político; onde o uso ruinoso de recursos não é apenas uma questão de encontrar novos substitutos, mas de reformular estilos de vida demasiadamente elevados (COSTANZA et al., 1997)".

O conceito de '*sustentabilidade*' encontra-se ligado, dependendo do uso da palavra a:

a) disponibilidade de recursos e capacidade de suporte;
b) eficiência no uso de recursos;
c) eqüidade na distribuição de recursos;
d) eqüidade entre gerações humanas;
e) dinâmicas e limites ambientais.

Embora muitos acreditem que as sociedades humanas possam crescer até uma condição

especial, onde o suprimento e o uso de recursos estão em equilíbrio, definindo-se assim um estado equilibrado sustentável, Odum (1994) observou que o planeta inteiro é um sistema que se auto-organisa, onde os estoques de recursos são continuamente exauridos e repostos, em taxas diferenciadas, e a matéria é reciclada e organizada dentro de uma atividade auto-organisada impulsionada pelas energia solar, geotérmica e gravitacional (ULGIATI et al. 1995).

"Observa-se que o mundo real pulsa e oscila. Existem estados estacionários oscilatórios...Se o padrão oscilatório é o normal, então a sustentabilidade envolve o manejo e a adaptação para as freqüências oscilatórias do capital natural de melhor desempenho. A sustentabilidade poderá não significar o nível estacionário da curva sigmóide clássica, mas o processo de adaptação à oscilação." (ODUM, 1994)

Para tornar-se sustentável todo processo deve ser: 1) ambientalmente idôneo (compatibilidade ecológica); e 2) todo processo deve providenciar um retorno, ou produto, para sociedade (compatibilidade econômica). Se um processo produz um estresse no ambiente, isto cedo ou tarde irá afetar a disponibilidade de importantes recursos naturais, tanto como a vida das futuras gerações. Por outro lado, quando não há retorno, o processo não contribui ao suporte da qualidade da vida humana e a sociedade poderá investir em processos menos seguros. A taxa de exploração, a eficiência do uso, a produção de lixo e agentes poluentes são todos diferentes componentes destes dois aspectos da sustentabilidade. Todos contribuem parcialmente à sustentabilidade global de um processo (ULGIATI et al. 1995).

2.2.1 Conceito de Capacidade de Suporte

O número de indivíduos de uma população de uma determinada espécie que pode ser sustentado por uma região ou uma determinada área da paisagem, e então por seus recursos disponíveis, é conhecido como sua capacidade de suporte. Para os seres humanos, este conceito matemático é elusivo devido às implicações associadas com o sistema de aproveitamento dos recursos naturais para sustentar a vida humana, ou os sistemas de produção usados para mantê-la, e o nível de consumo daquela população, que depende essencialmente da cultura do povo e suas escolhas administrativas e políticas.

Nos sistemas de produção de alimentos e fibras em sistemas de agricultura de subsistência, a

energia para produção vem do trabalho humano e dos animais de carga, mas in agroecossistemas industrializados, onde o objetivo principal é o da produção de alimentos para venda, a maioria dos subsídios energéticos vem dos combustíveis fósseis. Uma premissa básica é que as culturas de subsistência estão adaptadas aos seus ambientes, principalmente pelo fato delas terem conseguido persistir neles por longos períodos. Uma característica dominante destas culturas em regiões tropicais é o sistema de cultivos rotativos pela prática da agricultura de 'corte e queima', onde o corte e a queima da vegetação natural providencia uma fertilização do solo pelas cinzas inorgânicas. Infelizmente, esta fertilidade não é durável por causa do rápido crescimento de insetos e ervas daninhas e os campos são abandonados. Estudos avaliaram que, se a razão entre o período de colheitas e o pousio (tempo de descanso da terra) não é muito elevada, o sistema não produz danos permanentes ao solo. Em florestas tropicais chuvosas e úmidas, 2 anos de colheita, seguidos por 10 a 20 anos de pousio são normalmente sustentáveis, enquanto 4 anos de colheitas com 10 ou menos anos de pousio são suficientes em áreas mais secas (NYE e GREENLAND, 1960). Nestes sistemas podemos chegar a uma capacidade de suporte humano de 50 pessoas por quilômetro quadrado, ou 0,5 pessoas por hectare (DESHMUKH, 1986).

Mesmo nas áreas mais produtivas do mundo, as florestas úmidas tropicais, tem poucos alimentos disponíveis para seres humanos, e suas conseqüentes densidades são baixas, definindo assim uma baixa capacidade de suporte humano. Na medida em que a intensidade da manipulação humana dos ecossistemas aumenta, torna-se maior a possibilidade de suportar maiores densidades populacionais. Esta aparentemente maior capacidade de suporte é na verdade hoje artificial, pois ela está sustentada principalmente por insumos importados oriundos de derivados do petróleo, que aceleram o crescimento da biomassa vegetal providenciando nutrientes originariamente inexistentes no ambiente. O caso extremo muito citado é do subsídio de 78 Joules de energia para produzir apenas 1 Joule de proteína de carne de boi, em sistemas de gado confinado nos Estados Unidos (PIMENTEL e PIMENTEL, 1979).

Assim, a capacidade de suporte depende tanto da quantidade de recursos naturais disponíveis, quanto da energia que é adquirida ou importada pelo sistema. Originalmente, a capacidade de suporte inicia com o número de pessoas que podem ser mantidas apenas pelos recursos naturais renováveis que são disponíveis. Esta capacidade aumenta na medida em que mais energia, advinda dos combustíveis, importados ou extraídos, é adicionada. No futuro, a habilidade de um estado ou região para manter as pessoas a um determinado nível de vida declinará na medida em que declinarão os recursos disponíveis, principalmente o petróleo e seus derivados. Assim, a capacidade de suporte deverá diminuir.

Podemos verificar a diferença na demanda de recursos em diferentes nações e condições, ou seja, no determinado padrão de vida, de acordo com dados emergéticos. Em 1995, a Emergia per capita média mundial era de 3,6 E15 sej/pessoa (Joules de emergia solar por pessoa), enquanto nos Estados Unidos o uso de emergia per capita era de 29 E15 sej/pessoa, ou seja 8 vezes mais do que a média mundial. No Programa Biosphere II, agroecossistema com alta tecnologia, esta quantidade ia para 4303 E15 sej/pessoa, 1200 vezes mais do que a média mundial. E no Skylab da NASA chegava a 2.700.000 E15 sej/pessoa, 750.000 vezes mais, pois este sistema de suporte era o mais elaborado jamais construído para manter seres humanos em vida.

Segundo a metodologia emergética, existe uma capacidade de suporte renovável, considerando o presente estilo de vida da população avaliada, onde o número de pessoas está calculado apenas pela quantidade de emergia presente nos recursos renováveis. E existe também uma capacidade de suporte 'desenvolvida', ou seja, aumentada pelo importo dos recursos não-renováveis. Encontrou-se uma relação padrão recorrente nos países desenvolvidos, onde esta última é 8 vezes superior, pois a relação entre emergias importadas não-renováveis e emergias locais renováveis é de 7 por 1.

Num estudo da capacidade de suporte para o ecoturismo BROWN e MURPHY (1992) usam a Razão de Carga Ambiental (Environmental Loading Ratio - ELR, unidade adimensional), contemplada na metodologia emergética como a razão entre os inputs humanos e as contribuições ambientais (ELR = [N + F] / R), onde F é o investimento humano em mão-de-obra, equipamentos, combustíveis e insumos, R, os recursos naturais renováveis, e N os não-renováveis) calculados em unidades de emergia (Joules de emergia solar). Eles relacionam a área de suporte para o desenvolvimento turístico e sua Carga Ambiental com a Carga Ambiental da economia nacional. Reduzindo a Carga Ambiental do empreendimento para àquela da nação, a área de suporte assim calculada providenciaria a capacidade ambiental de suporte para o próprio empreendimento e para outros a ele relacionados. Desta forma, se o tamanho ou a intensidade de um desenvolvimento mudasse, a área de suporte também o faria, pois sua definição está baseada nestes fatores. Assim, a determinação da capacidade de suporte pelo uso da Razão de Carga Ambiental consegue atingir um equilíbrio dinâmico que está afetado não apenas pela habilidade do ambiente em absorver o desenvolvimento, mas pelo tamanho e a intensidade do desenvolvimento em si. Comparando um hotel em Papua e Nova Guiné, com a mesma instalação hoteleira no México, resultaria numa área de suporte bem diferente, por causa das diferenças em cada economia nacional e a intensidade de cada desenvolvimento. Se o hotel fosse construído no México, sua área de suporte seria de apenas 33 km^2, comparados com 117 km^2 necessário a um

hotel mexicano. Se, por outro lado o hotel mexicano fosse construído em Papua e Nova Guiné, precisaria de uma área de suporte de 547 km2. Por este método, a necessidade de área de suporte por quarto de hotel em Papua e Nova Guiné seria de 13 km^2, e a média diária de turistas capaz de ser mantida pelo sistema seria de 0,07 turistas per km^2. No México, a área de suporte por quarto seria de 0,73 km^2, e a média diária de turistas per unidade de área de suporte de 0,9 turistas por km^2 (BROWN e MURPHY, 1992).

Assim, torna-se claro que, no caso dos seres humanos, a capacidade de suporte varia principalmente pela disponibilidade atual de recursos não-renováveis importados ou obtidos de fontes locais, principalmente do petróleo, e pela constituição da economia nacional. Este aumento da capacidade de suporte é totalmente artificial e deverá ser reconsiderado num futuro de declínio energético. No momento, a teoria emergética segue o passo e o modelo do padrão de desenvolvimento traçado pelas nações economicamente e industrialmente avançadas, pois elas ainda representam um sistema auto-regulado, e num esquema competitivo, pela percepção da importância estratégica do petróleo nos atuais sistemas de produção e a decorrente sobrevivência cultural, social e econômica das nações que ditam nossos destinos.

Este estado da arte está sendo colocado em discussão por alguns pesquisadores que trabalham com emergia, tentando embutir na metodologia os valores associados com as perdas sociais provocadas globalmente pelos sistemas econômicos dominantes. As perdas econômicas advindas do uso incorreto dos recursos não renováveis seriam também incorporadas nos cálculos como 'externalidades' passíveis de contabilização (ULGIATI et al. 1995).

A **capacidade de suporte dos recursos naturais** é um novo fator a ser considerado, junto com estilo de vida para viabilizar a agricultura no futuro (PIMENTEL, 1989, ODUM, 1971).

Para colaborar nesta mudança podem-se usar dois **métodos de abordagem da questão agrícola**, ambos complementares, um enfoque **macro** que privilegia as relações internacionais e intersetoriais e um enfoque **micro** que estuda o planejamento regional ou mesorregional, com abordagem participativa. Ambos devem compartilhar informações para viabilizar as transformações necessárias através da formulação e implementação de políticas que induzam mudanças estruturais no sentido de um **novo padrão tecnológico**, ecologicamente sustentável, economicamente viável e socialmente justo (SACHS, I., 1985).

Para confrontar e mudar esta realidade estão sendo buscadas soluções ao problema. Muitas dessas soluções estão implícitas em outros modelos de desenvolvimento da agricultura que são

denominados genericamente como "Agricultura Ecológica", porém constituídos de diversas vertentes, chamadas: "Orgânica", "Biológica", "Natural", "Biodinâmica", e que estão sendo adotadas aos poucos pelos agricultores tradicionais, sobretudo os mais esclarecidos (EHLERS, 1994).

Na presente conjuntura da produção agrícola brasileira o instrumental da metodologia emergética e seus indicadores podem fornecer os meios de análise e **avaliação dos diferentes modelos de produção agrícola e agro-industrial** de uma região, quantificando seu grau de sustentabilidade ambiental e econômica e balizando o processo de planejamento agro-industrial. Isto é, dentro da definição de sustentabilidade de Odum, oposta à idéia de um nível estacionário que dure para sempre (ULGIATI et al. 1995).

2.3 A Produção Agrícola Brasileira

As mudanças ocorridas na última década na produção agrícola brasileira, como apresentada a seguir, tornam de extrema relevância a questão da quantificação da contribuição dos recursos naturais aos processos de produção, tornando essencial a comparação da sustentabilidade ambiental de diferentes tipos de agricultura numa mesma região e em escalas diferentes.

Na última década, os níveis de ocupação geradora de renda tendem a diminuir no meio rural e é provável que a recessão de 1990-92, somada ao início de uma mudança estrutural decorrente da abertura comercial tenha provocado um "retorno ao campo" de proporções bem maiores do que o ocorrido durante a recessão de 1981-83. Porém, em vez da melhoria das condições e qualidade de vida, as recentes mudanças apontam para uma espécie de ruralização da miséria e da exclusão social (VEIGA, 1997).

O aumento da miséria e da exclusão no meio rural, não ajuda e não consegue garantir a sobrevivência, nem a conter a degradação de recursos naturais estratégicos que são fundamentais para o bem estar do conjunto da sociedade brasileira (VEIGA, 1997).

Nas suas conclusões Veiga resume que:

"Os efeitos predatórios do crescimento agrícola já atingiram quase todos os ecossistemas, mas foram muito mais sérios nos ecossistemas da Mata Atlântica, das Florestas e Campos Meridionais e, sobretudo, do Semi-Árido nordestino (caatinga)(VEIGA, 1997)."

Sobre o papel do agricultor na questão da conservação dos recursos naturais Romeiro (1997) argumenta:

"A crescente consciência ecológica, a preocupação com a gestão equilibrada do espaço agrícola recolocando o papel do agricultor não apenas como um agente produtivo strictu sensu, *mas como responsável pela conservação dos equilíbrios naturais no espaço agrícola são fatos incontornáveis que começam a mudar o padrão tecnológico moderno convencional* (ROMEIRO, 1997)."

A degradação ambiental não é mais apenas uma *"externalidade que afeta o consumo ou a produção de outros agentes econômicos, mas afeta direta ou indiretamente as próprias condições de operação deste agente que a gera. Os efeitos cumulativos da degradação do ecossistema agrícola são responsáveis pelo fim de uma era de custos agrícolas decrescentes* (ROMEIRO, 1997)."

Tornou-se remota a possibilidade de aumentar os níveis máximos de produtividade já alcançados com o atual padrão tecnológico de modernização.

Dois exemplos, citados por Romeiro, são:

a) o limite atingido pela capacidade de resposta dos vegetais à fertilização química, a partir do qual o custo de doses adicionais de fertilizantes é superior à renda que poderia ser obtida, além do agravamento da poluição que seria decorrente por esta prática;

b) a impossibilidade de se aumentar o uso dos equipamentos mecânicos no preparo do solo e outras fases de produção, pois seu limite está relacionado à degradação da estrutura física do solo provocada pelo peso das máquinas e equipamentos (ROMEIRO, 1997).

Os custos de produção também tornaram-se crescentes devido ao aumento dos coeficientes técnicos de produção, como no caso da aquisição de resistência pelos agentes patogênicos ao uso continuado de um determinado tipo de agente químico inseticida. A flutuação dos preços do petróleo é outro fator que incidiu nos custos de produção. A atual bonança nos preços é apenas temporária, mas a crise energética, da qual o mundo conscientizou-se após as espetaculares altas no preço do petróleo em 1973 e 1978, está manifesta e crescente, pois as muitas jazidas de petróleo existentes são de quantidades inexpressivas e as maiores, que supririam as necessidades deste combustível no planeta, deverão ser esgotadas nos próximos 30 anos (VIDAL, 1997).

2.4 Políticas Agrícolas e Ambientais

"As políticas agrícolas ditas modernas excluíram pouco a pouco o manejo inteligente dos recursos existentes no próprio meio agrícola...progressivamente os processos naturais que intervêm positivamente na produção cedem lugar à utilização crescente de procedimentos químicos-mecânicos que degradam o ecossistema agrícola a longo prazo (ROMEIRO, 1997)."

No Brasil:

"O fim dos subsídios, mais do que a consciência ecológica...estimulou a adoção de técnicas de conservação de solos (curvas de nível, terraceamento, "murundum", plantio mínimo, plantio direto) e técnicas de manejo de pragas, controle biológico, etc. que têm contribuído para a redução dos níveis de poluição em muitas regiões (ROMEIRO, 1997)."

Finalmente, enfatizando o papel do Estado em respeito à velocidade e à configuração final das mudanças necessárias:

"Trata-se da formulação de políticas ambientais para o setor agrícola que englobem não apenas medidas que visem reduzir os impactos ambientais nefastos do padrão atual de modernização agrícola, mas também medidas que possam induzir mudanças tecnológicas mais estruturais no sentido da geração de um novo padrão tecnológico, ecologicamente sustentável. Para tanto é preciso levar em conta os condicionantes tecnológicos, ecológicos, sócio-econômicos e institucionais, responsáveis pela emergência e consolidação deste padrão de modernização. É preciso definir melhor um quadro analítico capaz de explicar a trajetória tecnológica que resultou nas atuais práticas agrícolas consideradas como modernas e eficientes (ROMEIRO, 1995 e ROMEIRO e SALLES-FILHO, 1997)".

Isto se dá pela **ausência de metodologias de planejamento agrícola democráticas**, que dentro de um contexto econômico de escassez de recursos, incorporem as variáveis ambientais e otimizem recursos naturais, humanos e financeiros numa economia de escala adequada a nossa realidade que não dependa inteiramente do 'pacote tecnológico' imposto por um mercado cada vez mais globalizado, favorecendo interesses externos às das populações nacionais. Apesar da troca de governos, **permanecem vigentes os problemas** gerados pelo modelo de crescimento econômico adotado pelo Brasil, que continua privilegiando a monocultura, grandes propriedades

e dá ênfase em culturas para exportação, com graves conseqüências ambientais. O sistema, mesmo que seja altamente rentável, é um modelo prejudicial que priorizou e incentivou o uso intensivo do capital, destruiu os recursos bióticos, concentrou a renda, agravou o êxodo rural e a falta de emprego, não proporcionou boa condições básicas de saúde e alimentação à população e levou a uma situação crítica de falta de perspectivas para a juventude do meio rural e das pequenas cidades (BASIC et al., 1988).

Outro fator tem sido a **alta dependência deste tipo de agricultura do petróleo** tanto como **combustível** para transporte e maquinários quanto como matéria prima para os **insumos** da lavoura que determinou uma **agricultura altamente mecanizada que excluiu grandes setores da população rural** do processo de produção.

O **êxodo rural** resultou como efeito direto da incapacidade de competir no por parte dos pequenos e médios agricultores e das políticas agrícolas vigentes (MARIOTONI et al., 1988, citado em BASIC et al., 1988).

2.5 Ecossistemas e Macrovetores de Desenvolvimento

Em 1995 o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal produziu o documento "Os Ecossistemas Brasileiros e os Principais Macrovetores de Desenvolvimento - Subsídios ao Planejamento da Gestão Ambiental", parte do Programa Nacional do Meio Ambiente e do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

Este importante documento revela aspectos relevantes da dinâmica do desenvolvimento econômico atual e suas relações especificas com os recursos e os patrimônios naturais do pais e objetiva identificar e mapear, dentro de uma visão espacial mais integrada, seus principais vetores de desenvolvimento, suas características, dinâmica e tendências. Sua elaboração foi, inclusive, o resultado de amplas consultas com especialistas setoriais, técnicos de governo, de organizações não-governamentais e de universidades.

A proposta foi de se desenvolver um instrumento adequado à formulação de diretrizes para a gestão ambiental representando a ação de diferentes setores produtivos na forma de expressões espacializadas, que foram definidas de "Macrovetores de Desenvolvimento".

Esses Macrovetores são expressões integradas da ocorrência das mais importantes

intervenções no espaço e foram examinados em contraposição aos ecossistemas em que se situam, através de indicadores que incluíram as seguintes abordagens: poluição e desperdícios, uso sustentável dos recursos naturais e proteção desses recursos.

O trabalho buscou identificar os "*conjuntos articulados de forças atuantes no cenário dos ecossistemas brasileiros, de forma a se perceber seus direcionamentos e possíveis tendências num horizonte de curto e médio prazos*". Com o objetivo de apoiar um processo interativo de órgãos governamentais setoriais, os estados e o setor privado, para se examinar com maiores detalhes como são desenvolvidas as atividades de gestão ambiental, visando a respaldar decisões que envolvam o estabelecimento de parcerias, a descentralização e a desconcentração dessas atividades. Sendo um esforço de ***análise prospectiva*** sobre a estrutura produtiva e a infra-estrutura do país e seus impactos e pressões ambientais com abordagem e metodologia derivados de alguns pressupostos gerais:

"*A gestão ambiental, em um país de reconhecida complexidade como o Brasil, requer o uso intensivo de instrumentos institucionais e técnicos consolidados, como o controle e a fiscalização, por exemplo, e a busca permanente de métodos e instrumentos alternativos, simultaneamente. Entre eles, uma extensa, diversificada e flexível Base de Informações Geográficas* (latu sensu)."

Apontando a inevitabilidade da sofisticação dos instrumentos de gestão pelo modo de processamento da exploração atual dos recursos naturais e as alterações em várias escalas dos principais ecossistemas nacionais. Esta exploração daria-se segundo três determinantes principais:

"*Planos estratégicos do Estado e das empresas, baseados na seletividade das vantagens comparativas nacionais e regionais. Isso tem conduzido a uma especialização cada vez mais explícita dos complexos produtivos, e a conseqüente valorização diferenciada das regiões, dos ecossistemas e dos lugares;*

A aceleração das inovações tecnológicas e os novos métodos e máquinas disponíveis no mercado, tanto para formas de exploração que conduzem à predação indiscriminada dos recursos naturais, e à alteração ou destruição dos ambientes físicos-bióticos, quanto para modos de produzir tecnologicamente e socialmente superiores, aqui nominais de ecologicamente sustentáveis.

Como corolário desses processos contemporâneos, o crescimento desmesurado da intensidade, magnitude, escala e duração dos impactos de todo tipo gerados pelos circuitos de produção atuais sobre as configurações territoriais do País, entre outras conseqüências, traz à tona as ***disjunções e assincronias*** *entre instrumentos clássicos de gestão ambiental e a velocidade das mudanças na esfera da produção."*

O trabalho atenta para o necessário desenvolvimento de metodologias inovadoras dentro desta base de informações que sejam capazes de captar o sentido e a direção dos processos em curso, percebendo sua dinâmica e perspectiva, suas tendências e projeções no tempo e espaço. O planejamento ambiental deverá estar atento e capacitado para análises prospectivas, desenvolvendo e usando instrumentos que lhe permitam, além do controle e a fiscalização, a definição e a ampliação de *"políticas* ***preventivas*** *e principalmente aquelas de natureza* ***indutora****, sempre na direção de uma desenvolvimento socialmente justo e ecologicamente sustentável."*(PNMA, 1995).

Como a natureza das questões nacionais não é a somatória dos problemas locais e regionais, o conhecimento e controle de fluxos em escala nacional torna-se imperativo para a gestão ambiental nesse nível. Concomitantemente ao processo em curso de descentralização político-administrativa, corre-se o risco de perder a perspectiva necessária sobre a questão ambiental na escala nacional.

Finalmente o documento recomenda que, para cada agroecossistema deva existir uma busca de soluções específicas, e até para cada cadeia produtiva, agroindústria, fazenda ou sítio.

"A superação dos sistemas altamente dependentes de insumos industriais e de energia fóssil não pode se viabilizar pela generalização de sistemas exigentes em mão-de-obra e baseados exclusivamente nas práticas alternativas da agricultura orgânica, biodinâmica, biológica ou natural. Cada vez fica mais claro que o tratamento dos impactos sócio-ambientais das transformações da agricultura nos impelem para as fronteiras do conhecimento em várias áreas. A emergência de um padrão mais sustentável de produção alimentar depende sobretudo do progresso da ciência. No entanto, o crescimento da população, até o meados do próximo século, exigirá aumentos de produção que dificilmente poderão esperar pela superação do padrão tecnológico atual. Ou seja, a necessidade de obter segurança alimentar continuará legitimando práticas produtivas, destrutivas e consumistas que degradam recursos naturais, poluem o meio ambiente e contaminam alimentos. Em tais circunstâncias, não desaparecerão os malefícios da

devastação, da erosão, do mal-uso de praguicidas, da perda de biodiversidade, da poluição agroindustrial, etc. Permanecerão as estratégias produtivas resultantes de estímulos econômicos de curto prazo que não levam em conta a necessidade de proteger o patrimônio natural e assegurar o bem-estar das futuras gerações." (VEIGA, 1994).

As políticas macroeconômicas devem também refletir o combate ao atraso e o incentivo ao manejo equilibrado dos recursos naturais.

Veiga & Romeiro (1994) tecem as seguintes considerações:

A atual preocupação com a competitividade, equidade, e sustentabilidade da agricultura exige a modernização do setor público agropecuário, como um todo, com o propósito de adequá-lo ao novo contexto. Ele precisa ser visualizado como um facilitador e regulador das atividades da sociedade civil, complementado-a, sem tentar substituí-la.

O crescimento rápido de organizações da sociedade civil associando produtores agrícolas e técnicos preocupados com a sustentabilidade está tendo cada vez mais influência no processo de mudança de paradigma as quais poderão vir a ter peso na busca de um novo sistema institucional. Não existem, porém, exemplos significativos de entidades que se dediquem à investigação em agroecologia que mantenham parcerias com os programas de pesquisa das universidades, centros da EMBRAPA, ou institutos.

O desafio atual é a viabilização de sistemas de produção que também garantam maior eficiência energética e conservação ambiental por meio do aproveitamento racional dos processos biológicos e dos recursos naturais renováveis. Torna-se essencial para tanto a cooperação internacional na pesquisa agropecuária.

Este novo paradigma tecnológico na agricultura, baseado na sustentabilidade, exige uma mudança fundamental no padrão de ensino rural, incluindo o ensino regular básico das escolas rurais, a formação profissional, hoje quase inexistente, e as redes de extensão e assistência técnica.

Parcerias devem emergir entre governo, estruturas sindicais e cooperativas e para isto deveria se estabelecer uma comissão específica a nível federal que proponha uma reforma completa do sistema educacional rural.

Cita-se a experiência de quase 30 anos da ASSESOAR (Associação de Estudos, Orientação e

Assistência Rural), no Paraná, que elabora, sistematiza e difunde propostas sobre educação e organização rurais "*em vista do fortalecimento de bases para um desenvolvimento em que a vida é a preocupação central*". O ensino básico e a formação profissional deverão estar intimamente integrados. Falta na agricultura instituições, a exemplo do SENAI para a indústria, que trabalhem na formação profissional rural de mão-de-obra qualificada.

A assistência técnica aos agricultores tem piorado nos últimos dez anos, tendo sido suprida, em alguns casos, pelo esforço de cooperativas, de ONGs e de indústrias integradoras. Outra alternativa de êxito é a contratação de técnicos próprios por grupos de agricultores, partindo da iniciativa privada.

2.6 Rumo a um Novo Modelo de Agricultura

Segundo Basic (BASIC et al., 1988) um modelo de agricultura desejável deveria apresentar as seguintes características:

1. Aproveitamento de recursos locais físicos, humanos e ambientais;
2. Otimização da utilização de energia - maximização do fluxo de energia;
3. Desconcentração da renda;
4. Integração com pequenas e médias empresas locais;
5. Preocupação com as políticas de autonomia energética e de insumos;
6. Aplicação do excedente nas atividades econômicas locais;
7. Uso de tecnologias não poluidoras e não agressivas aos seres vivos;
8. Recuperação do ecossistema local pela atividade humana;
9. Conexão com os serviços locais de informação científica e tecnológica na incorporação de novas tecnologias;
10. Uso parcimonioso do capital e dos recursos naturais não renováveis.

Para atingir as características deste novo modelo de agricultura a nível micro, convém propor as seguintes recomendações a nível macro (VEIGA & ROMEIRO, 1994):

*a) **Política científica e tecnológica:** é necessário ampliar o esforço de pesquisa em sistemas agrícolas mais complexos, especialmente em sistemas integrando agricultura-pecuária, para a produção de produtos tradicionais, bem como a pesquisa para a produção*

intensiva de produtos com alto valor adicionado que requerem muita mão-de-obra.

b) Difusão tecnológica: *reestruturar, para tornar mais efetivo, o serviço de extensão rural, tendo em vista que sistemas agrícolas mais complexos são principalmente "information intensive". Mais especificamente, os assentamentos de reforma agrária oferecem a possibilidade de, a curto prazo, se aplicar os conhecimentos acumulados em agências oficiais, como a EMBRAPA, sobre sistemas agrícolas mais complexos, baseados na própria tradição policultora da produção familiar.*

c) Promover a integração vertical agricultura-pecuária*, baseada principalmente em animais de pequeno porte, com grande capacidade de transformação eficiente de biomassa. Esta integração não somente aumenta a eficiência do sistema agrícola do ponto de vista ecológico, como também aumenta a flexibilidade econômica da unidade produtiva face às incertezas decorrentes das flutuações dos preços agrícolas.*

d) Incentivar a rotação de culturas*, que nada mais é do que um modo eficiente de se obter os benefícios ecológicos da associação de culturas (diversidade e conseqüente redução da suscetibilidade ao ataque de pragas), sem inviabilizar a mecanização, além de oferecer grande flexibilidade na integração com a pecuária.*

e) Induzir práticas de controle integrado de pragas*, que não exclui totalmente o uso de defensivos químicos, mas reserva seu uso como alternativa na ausência de um controlador biológico eficiente. mais importante ainda é notar que o controle químico tende a se tornar pontual e não sistemático quando se observa as medidas recomendadas acima sobre a rotação de culturas e integração pecuária-agricultura.*

f) Aumentar a participação da adubação orgânica*, praticamente inviável com a monocultura, mas que se torna exequível e eficiente com o tipo de policultura proposto. Requer a utilização de técnicas relativamente simples de tratamento de resíduos vegetais e animais (compostagem), de modo a evitar perdas de nutrientes, notadamente o nitrogênio.*

g) Promover a conservação de solos *não somente através de medidas mecânicas de contenção do escorrimento superficial da água (curva de nível, terraceamento, etc.), que são insuficientes, mas também através de práticas culturais, como a cobertura verde, que incorporada ao solo superficialmente oferece uma excelente proteção contra o impacto desagregador da chuva, além de proteger o solo do sol, e se constituir numa excelente*

forma complementar de adubação orgânica (leguminosas ricas em nitrogênio).

***h) Desenvolver e apoiar a utilização de sistemas agroflorestais**, nas regiões de grandes florestas (Amazônia). A concepção destes sistemas vem sendo pesquisada desde longa data, e um número significativo de experiências bem sucedidas vem sendo reportado, tanto no Brasil como em outros países, sobretudo na América Central. Trata-se de uma alternativa econômica e ecologicamente eficiente de explorar ecossistemas de equilíbrio mais delicado e que possuem um valor biogenético cuja manutenção é considerada indispensável.*

Além destas recomendações de caráter geral Wagner (1994) destaca as seguintes atividades:

a) zoneamento macroagroecológico de todo o Pais, com base em estudos detalhados e correta avaliação dos recursos naturais e sócio-econômicos;

b) desenvolvimento de sistemas de proteção e conservação dos solos, principalmente nas áreas de uso mais intensivo, tendo por base o planejamento de bacias hidrográficas;

c) desenvolvimento de material genético resistente ao ataque de pragas e doenças invasoras;

d) desenvolvimento de métodos integrados de controle biológico de pragas, doenças e invasoras;

e) desenvolvimento de produtos químicos eficazes, competitivos e biodegradáveis;

f) desenvolvimento de sistemas integrados de culturas e criações, a nível de unidades de produção, com aproveitamento racional, ecológico e econômico, dos subprodutos;

g) diversificação agrícola e florestal, com uso de sistemas consorciados, intercalares, em rotação, etc.;

h) resgate dos conhecimentos tecnológicos e gerenciais existentes entre populações nativas de diferentes regiões agroecológicas;

i) desenvolvimento de novos processos mais eficientes e mais competitivos, de ciclagem e/ou reciclagem de matéria-prima e subprodutos;

j) utilização mais intensiva e racional de áreas em uso e recuperação de áreas degradadas,

com os novos conhecimentos já gerados que permitem a recuperação/sustentabilidade de sistemas de produção.

2.7 Considerações sobre uma Agricultura Sustentável

Precisamos aqui avaliar rapidamente o desenvolvimento das práticas agrícolas para poder inserir o atual momento histórico no seu contexto evolutivo.

O grande aumento do rendimento físico das lavouras e da produtividade do trabalho agrícola realizado pela Segunda Revolução Agrícola no início deste século substituiu os sistemas rotacionais integrados com a produção animal por sistemas altamente especializados com emprego maciço de insumos industriais e energia fóssil, como os fertilizantes químicos, os agrotóxicos, os motores de combustão interna e as variedades vegetais de alto potencial produtivo. Este padrão produtivo consolidou-se na década de 70 com a chamada Revolução Verde com grandes safras que trouxeram em seu rasto uma série de problemas ambientais e sociais como a destruição das florestas e sua biodiversidade, a erosão dos solos, a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos. No Brasil, além destes problemas, aumentou-se a concentração de terras e de riquezas provocando um intenso êxodo rural para os grandes centros industrializados (BASIC et al., 1988).

Com início no princípio deste século, e consolidando-se na década de 20 e de 30, vários grupos de produtores que valorizavam os processos e potenciais biológicos e a fertilização orgânica dos solos, desafiaram o padrão produtivo 'convencional' e, juntamente ao movimento da contracultura, nos anos 70, que questionava os valores consumistas e a industrialização desenfreada da sociedade, configuraram-se num movimento de *agricultura alternativa*. A comunidade científica, inicialmente hostil a estas tendências, passou a interessar-se nestas propostas a partir de pesquisas do sistema oficial de pesquisa norte-americano que procurava reduzir o uso de insumos e melhor eficiência energética (EHLERS, 1996).

A busca de um *desenvolvimento sustentado*, paradigma apresentado como o ideal moderno pelo relatório Brundtland em 1987, que definiu que o desenvolvimento e o crescimento econômico devem atender às necessidades desta e de das próximas gerações, lançou dúvidas e desafios sobre a relação entre produção e consumo nos países ricos e pobres e no seu

relacionamento (EHLERS, 1996).

Não obstante a noção de *agricultura sustentável* tenha precedido o debate mais amplo sobre o *desenvolvimento sustentável*, sua definição não encontra ainda consenso entre cientistas e órgãos governamentais, que apoiam a visão de simples ajustes nos padrões produtivos, até posições radicais de mudanças estruturais na sociedade e no sistema agroalimentar (EHLERS, 1996).

"Para as tendências mais radicais, onde se agrupam as organizações não-governamentais, a agricultura sustentável é vista como uma possibilidade de se promover transformações estruturais na economia, na sociedade e nas relações com os recursos naturais, passando pela pesquisa, pelos hábitos de consumo alimentar e pela revisão das relações entre os países do Norte e do Sul. Transformações que levem em conta a democratização do uso da terra, a erradicação da fome e da miséria e a promoção de melhorias na qualidade de vida de centenas de milhões de habitantes (EHLERS, 1996)."

Essencialmente uma campanha pela agricultura ecológica, ou sustentável, deveria ter a "tríplice missão" de *combater a degradação dos agroecossistemas*, provocada pelo processo modernizador do Século XX, exigir *novas regras disciplinares para o sistema agroalimentar* e *promover práticas mais adequadas à preservação dos recursos naturais* e ao fornecimento de alimentos mais sadios (VEIGA em EHLERS, 1996).

Há uma corrente que afirme que o uso das melhores terras disponíveis com tecnologias já consolidadas minimizaria os custos econômicos e ambientais pois as terras menos aptas deixariam de ser cultivadas aumentando sua biodiversidade. As preocupações ambientais agravariam a insegurança alimentar do planeta e as nações do Norte que pudessem aumentar facilmente a oferta de alimentos seriam as únicas a produzi-los, deixando de lado os países periféricos do Sul.

Na adoção de um eventual esforço de pesquisa para a auto-suficiência e segurança alimentar do Sul, uma revolução "duplamente verde" (*doubly-green or super-green revolution)*, que consiga ser mais produtiva preservando o ambiente e os recursos naturais, "*não resultará na difusão de qualquer nova tecnologia genérica de fácil adoção*", pois as atuais soluções sustentáveis são específicas aos ecossistemas e demandam um profundo conhecimento da ecologia, sendo de difícil divulgação e multiplicação. Estaríamos, então, no "*início de uma longa transição agroambiental e não de uma fase de mudanças aceleradas que caracteriza as revoluções*" e, por isto, seria uma ilusão crer que a biologia molecular associada à emergente

agroecologia possa revolucionar a produção de alimentos em apenas trinta anos, por mais rápido que seja o sucesso da campanha de agricultura sustentável e sua implementação efetiva (VEIGA em EHLERS, 1996).

Algumas características básicas deste novo padrão de agricultura estão porém aflorando, entre elas:

a) a conservação dos recursos naturais, como o solo, a água e a biodiversidade;

b) a diversificação;

c) a rotação de culturas e a integração da produção animal e vegetal;

d) a valorização dos processos biológicos;

e) a economia de insumos;

f) o cuidado com a saúde dos agricultores e a produção de alimentos com elevada qualidade nutritiva e em quantidades suficientes para atender à demanda global.

Muitos sistemas alternativos com as características acima já conseguem equilibrar uma alta produtividade com a conservação ambiental, mas *"seria precipitado julgar que esses sistemas poderiam substituir, a curto prazo, o papel da agricultura convencional, principalmente quanto ao volume de produção. Além disse, seria ingênuo achar que, repentinamente, grandes levas de produtores substituiriam sistemas rentáveis no curto prazo por sistemas mais complexos do ponto de vista administrativo e que só trariam resultados a longo prazo. De qualquer forma é possível afirmar que as práticas alternativas deverão ser as principais "fontes inspiradoras" de um padrão sustentável* (EHLERS, 1966)."

Entre os caminhos que consolidarão na prática este ideal Ehlers indica:

a) o estímulo à prática que promovam a substituição dos sistemas produtivos simplificados, as monoculturas, por sistemas rotacionais diversificados;

b) a reorientação da pesquisa agropecuária para um enfoque sistêmico;

c) a adoção de políticas públicas que promovam o fortalecimento e a expansão da

agricultura familiar.

Os sistemas diversificados e consorciados são ecologicamente mais estáveis e mais resistentes a impactos externos, enquanto os sistemas mais simples, exemplificados ao extremo pelas monoculturas, não conseguem um aproveitamento eficiente dos recursos naturais como luz, água e nutrientes, pois comprometem várias relações da cadeia alimentar, essenciais para a manutenção do ecossistema e o aproveitamento dos fluxos de energias e materiais incidentes. "...a agricultura moderna substituiu o potencial regulador realizado pela diversidade pela energia proveniente dos combustíveis fósseis." (EHLERS, 1996).

Devido às suas capacidades para um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, para segurar o ataque de pragas e manter a fertilidade do solo, os cultivos rotacionais, principalmente de leguminosas, aumentam a produtividade e melhoram a eficiência do sistema eliminando boa parte dos insumos externos e reduzindo custos (EHLERS, 1996).

A integração dos diversos componentes dos agroecossistemas, que deveria resultar de uma abordagem sistêmica de novas pesquisas agropecuárias, representa uma importante componente de uma proposta para um padrão mais sustentável de agricultura principalmente na renovação do casamento entre agricultura e pecuária. Isto, porém, requer mais conhecimento científico do que o aplicado nos sistemas de monocultura prevalecentes (EHLERS, 1996).

Embora o padrão convencional tenha avançado parcialmente na garantia temporária da segurança alimentar de porções da humanidade, o grande desafio continua sendo o de alimentar uma população humana crescente conservando os recursos naturais. Aqui torna-se essencial a integração dos conhecimentos e experiências adquiridas pela agronomia convencional com o conhecimento sistêmico da agroecologia, como fruto de um esforço interdisciplinar de pesquisa (EHLERS, 1996).

Pela sua escala menor, sua flexibilidade de gerenciamento, pela mão-de-obra mais qualificada e sua aptidão para diversificação de culturas e a conservação dos recursos naturais, a agricultura familiar torna-se uma importante aliada deste processo.

A implantação destas tendências: sistemas rotacionais diversificados, pesquisa agropecuária de caráter sistêmico e fomento de uma agricultura familiar mais ambientalmente consciente, depende do estímulo de políticas públicas de conservação dos recursos naturais. Isto deverá vir tanto da pressão da sociedade organizada sobre os órgãos públicos responsáveis, como pela

solução por sistemas solidários de organização social e produção dos problemas críticos da desigualdade social, fome e condições desumanas de vida. O combate à pobreza vai de mãos dadas com a responsabilidade de gerenciar os recursos naturais de forma sustentável.

A agricultura sustentável talvez possa vir a conciliar princípios e práticas da agricultura alternativa e convencional com apoio da pesquisa e de novas experiências de produção.

Como a sustentabilidade ambiental está ligada aos ecossistemas específicos onde ocorre a produção, a replicação e divulgação das práticas deste tipo de agricultura não será fácil, permanecendo um ideal em aberto, que dependerá do grau de consciência da sociedade em geral, do tipo de relacionamento entre o homem e os recursos naturais e dos processos econômicos de produção e consumo.

Estamos num longo processo de transição, onde o ideal de uma agricultura sustentável seja considerado, à altura das grandes mudanças das Revoluções Agrícolas e da Revolução Verde, como "uma nova fase na história da dinâmica do uso da terra", onde "o uso abusivo de insumos industriais e de energia fóssil deverá ser substituído pelo emprego elevado de conhecimento ecológico." (EHLERS, 1996).

Neste sentido, o manejo dos agroecossistemas pode encontrar um poderoso aliado na metodologia emergética para quantificar a capacidade e área de suporte de agroecossistemas específicos e propiciar uma forma de avaliar graus de sustentabilidade de processos agroindustriais.

2.8 Abordagem Sistêmica

A forma sistêmica de percepção do desenvolvimento o registra como a evolução conjunta dos processos ecológicos e da ação humana. Identificando as características e propriedades inerentes a cada componente do sistema observado, a avaliação sistêmica vem a fazer parte de uma nova metodologia científica que pretende definir e trabalhar com o todo, sem, contudo, perder a instrumentalidade analítica, que é resgatada quando necessária no processo de aproximação à questão posta.

BERTALANFFY (1973) define um sistema como um conjunto de unidades em interrelações mútuas. Este conceito pode ser ampliado (BECHT, 1974) para uma configuração de

componentes físicos, um conjunto de itens, agregados ou relacionados de tal forma que estruturam-se, chegando a atuar como uma unidade, uma entidade ou um todo.

A compreensão da estrutura e do funcionamento de um sistema é fundamental para construção de modelos conceituais, incluindo processos de produção agrícola, principalmente pela sua complexidade frente às componentes ambientais (solo, clima, agentes biológicos, etc.) e humanas (cultura dos agricultores, sistemas de gerenciamento, tratos e técnicas agrícolas, etc.) e às mudanças espaço-temporais.

Cada atividade produtiva é entendida como um sistema, complexo e dinâmico, o qual representa **limites** (extensão física, ou características ecológicas), **fontes externas** de energia e materiais, **componentes internos** (atividades, explorações, produtores e consumidores, processos), **interações** entre os componentes, **estoques** (produtos e insumos estocados, bem como instalações, equipamentos, máquinas e implementos), **entradas** (insumos, capital, trabalho, energia) e **saídas** (produtos ou perdas do sistema).

Nestes sistemas de produção, a reciclagem dos resíduos animais para a produção vegetal, a utilização da produção vegetal para a alimentação humana ou animal, ou o plantio consorciado de dois vegetais, são entendidos como interações entre componentes do sistema. Dentro da proposta da "agricultura ecológica" há um **enfoque sistêmico** que considera todas as interações existentes na natureza para a orientação dos sistemas de produção (no meio biótico: planta-planta, planta-animal, animal-animal; e meio biótico e abiótico: solo-flora, solo-fauna, solo-água-clima, etc.) (BAPTISTA, 1993).

Esta visão do processo de produção agrícola é também a da escola do Dr. Howard T. Odum, que aplica a **Teoria Geral de Sistemas** à avaliação das diferentes formas de agricultura e chega a quantificar os fluxos de todos os fatores incidentes e suas interações em unidades emergéticas (ODUM, 1983, 1988, ODUM e ODUM, 1983).

O estudo sistêmico do meio rural se dá em várias escalas de observação. Segundo MAZOYER e DUFUMIER (MAZOYER, 1989 e DUFUMIER, 1996), identificam-se 6 conceitos chaves (Quadro 2):

1. sistema agrário,
2. sistema de produção agrícola,
3. sistema de cultivo,
4. sistema de criação,
5. sistema de primeiras transformações e

6. itinerários técnicos

Quadro 2. Definições de Sistemas no Meio Rural (citado em CARVALHO et al., 1998).

Sistema Agrário	Um sistema agrário corresponde aos modos de explorações agrícolas de um espaço historicamente constituído por uma sociedade, resultado da combinação de fatores naturais, sócio-culturais, econômicos e técnicos. É o resultado da interação de um sistema bio-ecológico e um sistema sócio-cultural, através de práticas que vêm do conhecimento técnico acumulado, e que responde às condições e às necessidades sociais do momento.
Sistema de Produção Agrícola	É a combinação, no espaço e no tempo, de quantidades de força de trabalho e de diversos meios de produção como terra, máquinas e equipamentos, benfeitorias e insumos para a obtenção de diferentes produções agrícolas, vegetais ou animais. Engloba os subsistemas de cultivo, criação e de primeira transformação dos produtos agrícolas na unidade de exploração.
Itinerário Técnico	São conjuntos lógicos e ordenados de operações aplicadas a uma espécie vegetal ou a um produto animal.
Sistema de Cultivo	Consiste na aplicação de itinerários técnicos em uma superfície de área onde exista homogeneidade de cultivos vegetais. Trata-se de um arranjo espacial e cronológico de populações de cultivos, com entradas de radiação solar, água e nutrientes, e saídas de biomassa com valor agronômico.
Sistema de Criação	É também um arranjo espacial e cronológico das populações de animais com entradas de alimentos e água, e saídas de carne ou outros produtos animais. À semelhança do sistema de cultivo, refere-se aos animais de uma mesma espécie, distribuídos por idade e sexo, e submetidos a itinerários técnicos definidos.
Sistema de Primeiras Transformações	Trata-se das primeiras transformações realizadas nos produtos agropecuários, ainda na unidade de exploração agrícola, em termos de descascamento, seleção, embalagem ou industrialização primária, entre outras.

Fonte: MAZOYER, 1989 e DUFUMIER, 1996.

"*Assim, uma unidade de exploração agrícola observada como um sistema compreende, a grosso*

modo, uma fronteira, delimitada pelo limite físico da propriedade e elementos constitutivos, representados pelos sistemas de cultivos e criações e por estoques formados pelo capital em máquinas, equipamentos e insumos, interrelacionados entre si." (CARVALHO et al., 1998).

2.9 Emergia e Agroecologia

Os agroecossistemas são ecossistemas domesticados onde os seres humanos operam sua gestão e consumo, substituindo-se aos animais que consomem e manejam os ecossistemas selvagens. Os dois estão em constante competição. Organismos dispersam sementes de espécies nativas e invadem o território dos agroecossistemas. Se os agricultores não os controlassem usando inseticidas, limpando, arando e por outros métodos, o ecossistema original se restabeleceria. Em geral, fazendas tem sucesso onde o trabalho previamente feito por ecossistemas altamente diversificados conseguiu produzir horizontes férteis de solo. Mesmo com fertilizantes, a maioria dos sistemas de produção agrícola acabam empobrecendo o solo com a continuação do plantio para colheitas. O sistema rotativo, onde os organismos originais são deixados a se desenvolver num processo de sucessão natural das espécies nativas, restaura os nutrientes no solo. Antigamente as fazendas administradas por unidades familiares usavam este sistema e mantinham apenas alguns tipos de culturas para venda. Agora, sistemas intensivos de produção agrícola, cada qual especializado para produção em massa de monoculturas servem mercados urbanos altamente exigentes, usando espécies vegetais geneticamente engenheiradas.

Enquanto a agricultura primitiva a baixos insumos usava o trabalho humano e animal sem petróleo ou máquinas elétricas, a agricultura moderna de altos insumos envolve grandes quantidades de combustíveis e eletricidade para seus equipamentos. Desta forma, necessita-se de muita energia para produzir todos os bens e serviços agrícolas e para transportá-los. Tendo um abastecimento constante de energia, a agricultura intensiva tem deslocado resquiços de métodos mais rudimentais de plantio e colheita.

A Razão de Investimento Emergético (a razão entre a emergia embutida nos bens adquiridos e a emergia ambiental gratuita, ver Materiais e Métodos) é uma medida adequada para verirficar a intensidade do processo de produção agrícola. Agricultura intensiva, com altas razões de Investimento Emergético (de 5 até 25), produz maiores quantidades, mas tem que comprar mais insumos para conseguí-lo. Num mundo de constantes aumentos nos custos energéticos, a compra

de insumos como fertilizantes e serviços adicionais tende a diminuir. Desta forma a agricultura intensiva terá que ser abandonada por sistemas rotativos de uso do solo para repor sua fertilidade e por um maior uso da mão-de-obra e da tração animal.

Uma análise das necessidades emergéticas para cultivar hortaliças na Flórida durante o inverno, para abastecer os mercados americanos mais ao norte, demostrou que precisa-se 40 vezes mais dos recursos necessários ao cultivo dos mesmos produtos durante o verão nestas outras regiões, por causa de uma série de fatores como o controle mais exigentes de nematodes e insetos no clima mais quente e úmido da Flórida e dos cuidados para manter altas as temperaturas do ar durante as geadas usando muita irrigação e outros métodos energético-intensivos (ODUM et al. 1998).

Na avaliação do sistema de produção de cana de açúcar, álcool e açúcar da Usina Ester, no Município de Cosmópolis (COMAR e ORTEGA, 1994), os resultados caracterizam o cultivo da cana de açúcar como um agroecossistema intensivo, com uma alta Razão de Investimento Humano por Emergia natural provida, de 8,82. Ou seja, para cada unidade emergética fornecida pelo ambiente ao processo de produção da cana, quase 9 são investidas pelos processos humanos (maquinários, pesticida, herbicida, combustíveis, sementes melhoradas, mão-de-obra, etc.). Outras razões e índices emergéticos mostram que os processos de produção de açúcar e álcool têm uma pequena contribuição à economia nacional, pois muita emergia é gasta nos processos de produção e um pouco menos é efetivamente produzida, a custo do uso de grandes áreas de terra cultivável. Por exemplo, as *razões de emergia produzida por emergia investida* pelos processos humanos (EYR = Y / F, *Emergy Yield Ratio*, a Razão de Emergia Produzida é igual à razão entre a emergia produzida, Y, e a contribuida pelo esforço humano, F, contabilizadas em Emergia, ou Joules de Emergia Solar) são de 1,11 para a cana de açúcar, 0,95 para a produção de álcool e 0,94 para o açúcar. O que significa que estes produtos não estão tendo efeito, de acordo com a teoria, na vitalidade da economia como um todo. Quando combustíveis líquidos são obtidos a preços baixos, a razão de produção por emergia pode estar entre 6 a 50 unidades, sendo que o uso daquele energético estimula o restante da economia por aquele fator.

A razão de produção por emergia do álcool, calculada da mesma forma, para o estado americano de Luisiana é parecida (ODUM e ODUM, 1983).

Combustíveis líquidos são fundamentais a processos econômicos como o transporte e o sistema de produção de álcool supre esta necessidade com um efeito neutro na economia

emergética da nação. Porém, pelo fato da troca emergética das matérias primas brasileiras serem tão diferentes com o câmbio internacional, ou seja, recebe-se pouca emergia por muita emergia exportada, é mais interessante para o país hoje investir em produção de energéticos baseados nos processos de fotossíntese do que comprar combustíveis líquidos no exterior. Do outro lado a composição de grandes canaviais dentro do território nacional deve considerar a perda de emergia potencial com a falta de produção de alimentos, a perda de biodiversidade nos tecidos florestais e o deslocamento de populações rurais potencialmente capacitadas e ativas para as favelas suburbanas. Esta é uma questão a ser enfrentada dentro de uma política pública nacional de zoneamento ecológico-econômico por características regionais e de uma proposta social coerente da qual o país é desprovido.

2.10 Emergia e o Brasil

O balanço emergético do Brasil tornou-se indispensável dentro do escopo deste trabalho pela necessidade de calcular a relação da emergia, Joules de Emergia Solar, usada no país em 1995 para cada dólar (americano) circulando na sua economia neste mesmo ano (ou Razão de Emergia por Dinheiro - sej/$). Isto possibilita a valoração emergética de serviços especializados e valores monetários em geral em equivalentes de emergia solar original.

A última avaliação emergética do país disponível (COMAR, 1994) baseou-se em dados do Censo Estatístico de 1990, divulgado em 1991 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1991). Para os cálculos foram levantadas todas as emergias incidentes , seja as naturais (precipitação, aporto de sedimentos e água dos grandes rios, etc.) que humanas (importações de bens e serviços), dentro do território nacional durante o ano base de 1990 e da sua somatória foram retiradas todas as que saíram dos confins nacionais. Este total emergético (Joules de Emergia Solar / ano) foi então dividido pelo Produto Nacional Bruto brasileiro do mesmo ano, resultando no valor de 6,08 E12 sej / $ (Joules de Emergia Solar por Dólar circulante). Para atualizar esta relação tornou-se necessário lançar mão dos dados de 1995, divulgados pelo IBGE em 1996, e fazer uma nova avaliação emergética do Brasil para que, dentro da nova situação do país, se pudesse calcular o novo valor da emergia pelo dólar.

"A análise dos fluxos de emergia de um país serve também para calcular o saldo de emergia e as taxas de intercâmbio de emergia que o sistema nacional obtém ao importar e exportar produtos e serviços. A análise emergética de um país pode contribuir à discussão de políticas públicas que levem à preservação de nossos ativos de "capital natural" e a uma nova forma de planejar a gestão de produtos, processos e serviços, para a perspectiva do Desenvolvimento Sustentável. O Eco-Desenvolvimento do ponto de vista emergético consiste em propor os sistemas de extração e aproveitamento agro-industrial mais adequados para os diferentes ecossistemas do país, em função da sua capacidade de suporte e produção renovável, de seus recursos humanos e da infra-estrutura econômica." (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998).

A produção da nação é representada pelas florestas e pela agricultura enquanto a indústria e a rede comercial usam os recursos naturais. A população urbana é sustentada por estes recursos e, ao mesmo tempo, os gerencia. O recurso renovável mais importante é o potencial químico da chuva. Lenha e madeira são importantes recursos indígenas. Emergias importadas de relevância, que são usadas, incluem o petróleo, o gás natural, o carvão, o potássio, o fosfato e o nitrogênio. Serviços do exterior e produtos importados representam emergias muito elevadas por causa dos serviços humanos envolvidos na sua produção. As exportações mais importantes são: produtos agrícolas, minérios de ferro e alguns minerais.

A metodologia emergética estima os valores das energias naturais geralmente não contabilizadas, incorporadas em produtos, processos e serviços. Por meio de indicadores, os índices emergéticos, esta abordagem desenvolve uma imagem dinâmica dos fluxos anuais dos recursos naturais e dos serviços ambientais providenciados pela natureza na geração de riqueza e o impacto das atividades antrópicas nos ecossistemas.

"O estudo dos balanços emergéticos do Brasil se reveste de especial importância pois esta metodologia permite contabilizar a contribuição da Natureza e propor valores macroeconômicos emergéticos (em-dólar) dos produtos e serviços, de maneira geral mais justos que favorecem aos países exportadores de recursos naturais ou produtos primários. E nossa economia está fortemente ligada ao setor primário, o que na verdade é uma tônica nos países do chamado "grupo dos países em desenvolvimento". E mesmo assim, o Brasil ocupa o nono lugar entre as economias desenvolvidas, no que diz respeito ao PNB, refletindo as enormes potencialidades da natureza neste país, contudo com enormes disparidades de distribuição de renda, e crescente degradação ambiental." (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998).

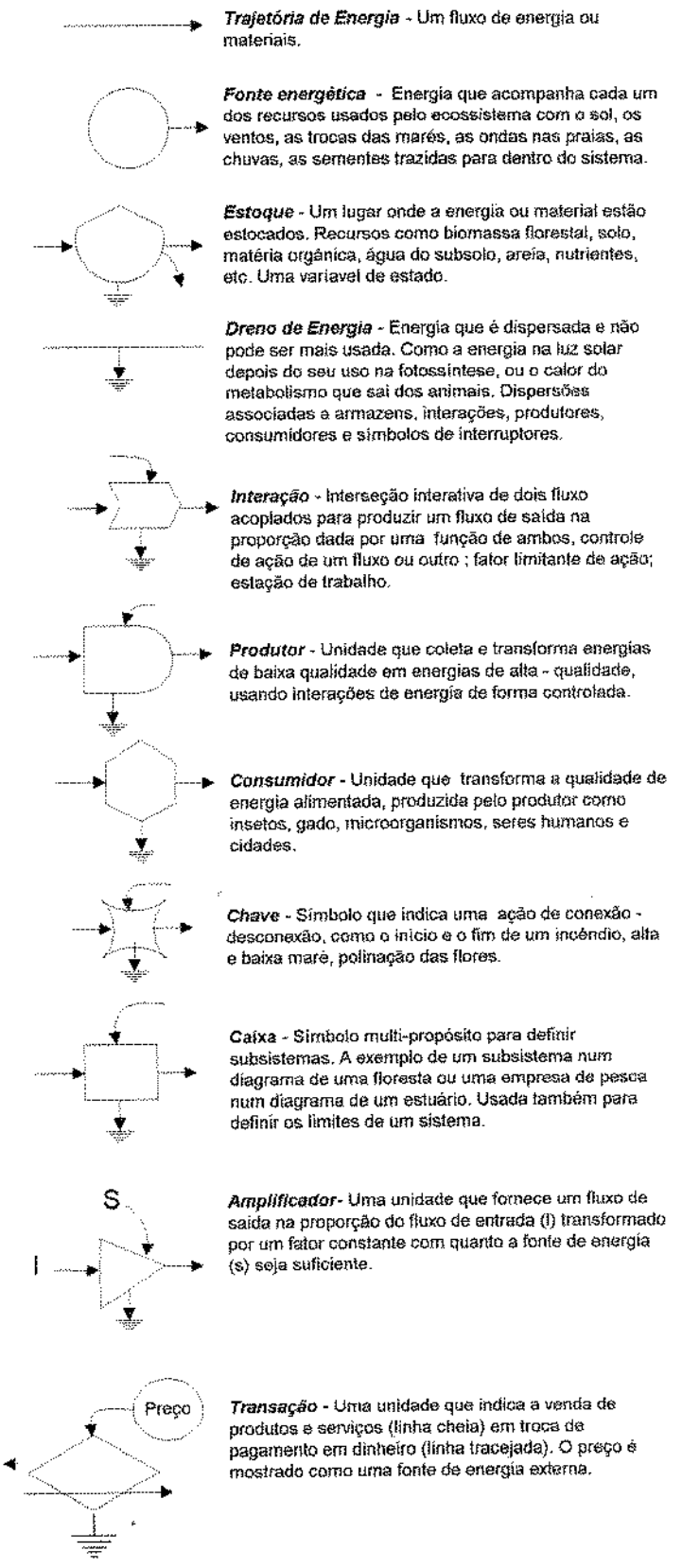
Howard T. Odum (1971, 1983) desenvolveu uma linguagem simbólica gráfica, um verdadeiro *'dicionário de símbolos energéticos'*, emprestando símbolos da eletrônica e sistemas de circuitos analógicos e criando outros próprios, para identificar funções e relações nos seus diagramas sistêmicos. Nestes diagramas podem-se visualizar também os limites do sistema estudado, as funções forçantes externas ao sistema (fontes de energia naturais ou produzidas pelos seres humanos), sua componentes internas e suas funções (produtores, consumidores, processos de transformação e produção, estoques de biomassa, materiais, energia ou dinheiro, relações de intercâmbio monetário e preços, entre outros), o fluxo de energia e materiais nas trajetórias entre componentes, incluindo as importantes retro-alimentações (*'feedbacks'*) dos processos em curso. Estes diagramas são essenciais na metodologia emergética e sua simbologia precisa ser estudada e internalizada para compreender e apreciar seu significado e funcionamento (Figura 1).

Em relação à avaliação emergética do Brasil, inicialmente, então, elabora-se um diagrama sistêmico para visualizar as principais componentes do país, de acordo com as categorias emergéticas contabilizadas e passíveis de contabilização, e sua relação com o sistema econômico do país (seu Produto Nacional Bruto, PNB, ver Figura 2).

O segundo passo é a coleta de dados dos fluxos anuais de massa, volume e energia considerados na Metodologia Emergética e presentes no cálculo do PNB, acrescentando alguns dos fluxos das principais contribuições ambientais.

A seguir realiza-se a conversão dos fluxos energéticos e materiais anuais, expressos em diversas unidades, para as unidades padrão (Joules ou gramas, por ano), por meio de cálculos específicos a cada categoria emergética.

O próximo passo é aplicar as transformidades (uma conversão onde multiplica-se a quantidade de matéria ou energia avaliada pelo valor emergético correspondente - ou seja, a quantidade eqüivalente de energia solar original - necessário à sua produção) a cada fluxo correspondente, gerando os fluxos emergéticos que, organizados segundo a metodologia empregada, nos fornecem os respectivos balanços de emergia (Tabela 1, Anexo 1) As transformidades são geradas a partir da avaliação emergética de cada recurso, produto ou serviço, sejam estes naturais ou econômicos, e neste sentido são específicas e indicam a ordem de grandeza e a qualidade da energia solar incorporada em cada caso.



Trajetória de Energia - Um fluxo de energia ou materiais.

Fonte energética - Energia que acompanha cada um dos recursos usados pelo ecossistema com o sol, os ventos, as trocas das marés, as ondas nas praias, as chuvas, as sementes trazidas para dentro do sistema.

Estoque - Um lugar onde a energia ou material estão estocados. Recursos como biomassa florestal, solo, matéria orgânica, água do subsolo, areia, nutrientes, etc. Uma variavel de estado.

Dreno de Energia - Energia que é dispersada e não pode ser mais usada. Como a energia na luz solar depois do seu uso na fotossíntese, ou o calor do metabolismo que sai dos animais. Dispersões associadas a armazens, interações, produtores, consumidores e simbolos de interruptores.

Interação - Interseção interativa de dois fluxo acoplados para produzir um fluxo de saida na proporção dada por uma função de ambos, controle de ação de um fluxo ou outro ; fator limitante de ação; estação de trabalho.

Produtor - Unidade que coleta e transforma energias de baixa qualidade em energias de alta - qualidade, usando interações de energia de forma controlada.

Consumidor - Unidade que transforma a qualidade de energia alimentada, produzida pelo produtor como insetos, gado, microorganismos, seres humanos e cidades.

Chave - Símbolo que indica uma ação de conexão - desconexão, como o início e o fim de um incêndio, alta e baixa maré, polinação das flores.

Caixa - Símbolo multi-propósito para definir subsistemas. A exemplo de um subsistema num diagrama de uma floresta ou uma empresa de pesca num diagrama de um estuário. Usada também para definir os limites de um sistema.

Amplificador - Uma unidade que fornece um fluxo de saida na proporção do fluxo de entrada (I) transformado por um fator constante com quanto a fonte de energia (s) seja suficiente.

Transação - Uma unidade que indica a venda de produtos e serviços (linha cheia) em troca de pagamento em dinheiro (linha tracejada). O preço é mostrado como uma fonte de energia externa.

Figura 1 - Dicionário de simbolos energéticos (ODUM, 1983).

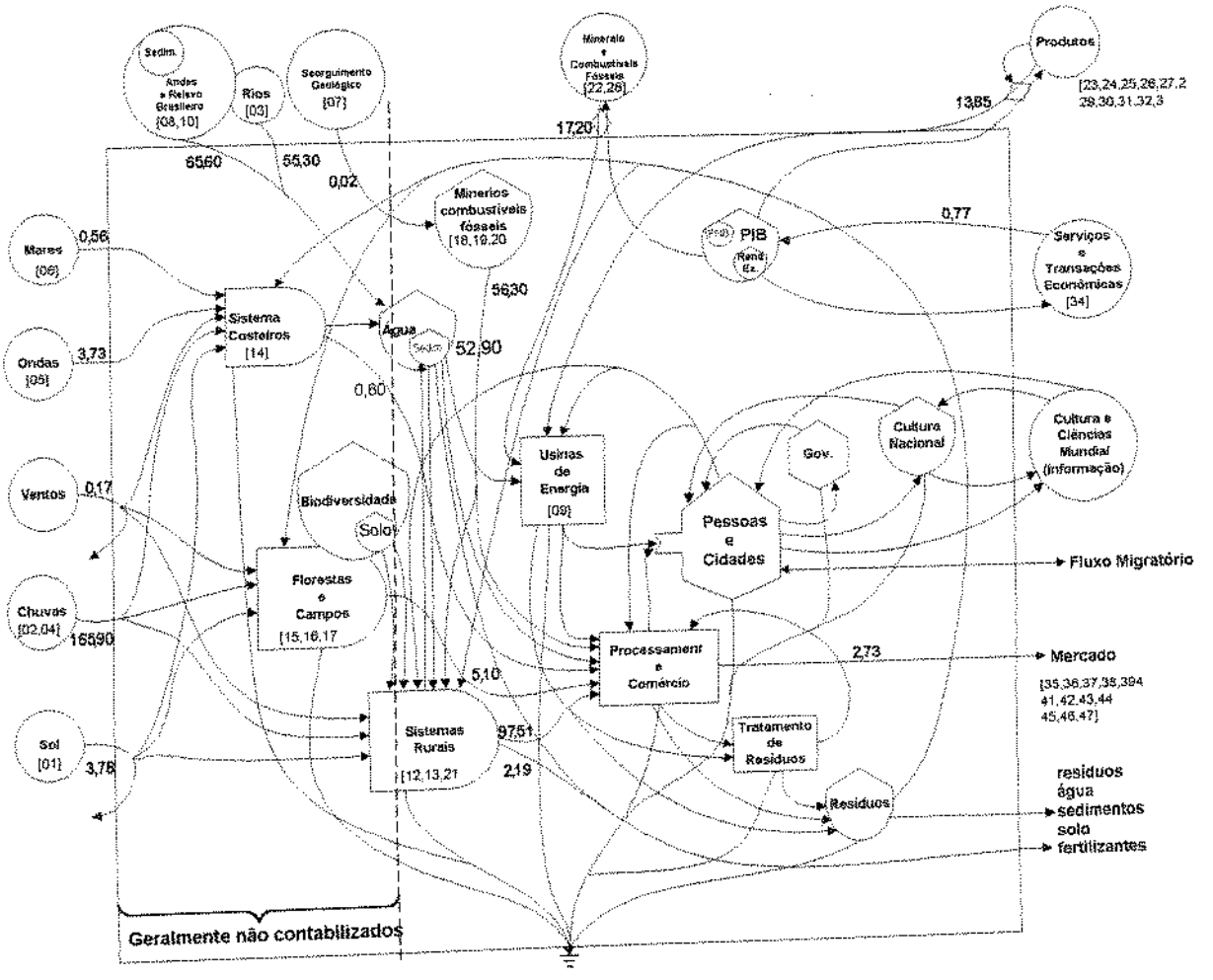


Fig.2 - Diagrama Emergético do Brasil (dados de 1996) Fluxos em E22 sej/ano (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998)

Agregando as emergias de todos os produtos, processos e serviços internos ao país, chega-se a um valor de Emergia Total utilizada pelo País (U) que representa a quantidade utilizada de energia de processos naturais indexadas em Joules de energia solar, que é a base da formação da riqueza nacional, representada monetáriamente pelo PNB. Temos, então, a relação entre a emergia usada e o dinheiro circulante no ano estudado, a Razão Emergia por Dinheiro (U/PNB). Calcula-se, assim,

"o Valor Macroeconômico Emergético dos diversos itens que compõem o balanço, pela emergia contida em determinado item, e aplicando a razão U/PNB, obtemos valores em Us$/ano que contabilizam as contribuições da natureza. A partir dos valores macroeconômicos determinamos a taxa de Intercâmbio Emergético (E.E.R, Emergy Exchange Rate) relativa ao Balanço Emergético do Brasil, 1996,(ver Tabela 2, Anexo 1) e que vem a ser a razão entre a

emergia fornecida e a emergia recebida, embutida nos valores monetários, e que mostra a dimensão da desvalorização dos insumos da natureza." (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998).

O Anuário Estatístico do Brasil, foi consultado para dados de produção e para os valores monetários associados.

"*Estes valores e dados estão contidos numa avaliação de todos os setores da economia por onde circula o dinheiro, que é o cálculo do PNB. A diferença básica entre as categorias emergéticas e as categorias constituintes do PNB, é que no PNB não são contabilizados produtos e serviços importados, ou seja só entram no cômputo deste cálculo os processos, produtos e serviços produzidos em território nacional, desta maneira não considerando os insumos importados, enquanto que no Balanço Emergético se considera as energias que movimentam e impulsionam a economia e são responsáveis pela subsistência da sociedade, logo não são consideradas as exportações de fluxos de emergia para o exterior.*" (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998).

Toda a riqueza em forma de dinheiro que circula na economia está vinculada com o fluxo de emergia total. Para explicitar isto, depois de avaliar os fluxos energéticos e os respectivos fluxos emergéticos do Brasil (1996), no caso de fluxos da economia, associam-se a estes fluxos seu valor monetário e, no caso de fluxos ambientais, seu valor equivalente em "*dólares emergéticos*" ou "*em-dólares*".

"*No capítulo da averiguação dos valores monetários referentes aos fluxos energéticos (1996) utilizamos os fatores de conversão relativos à reforma monetária de 1994 na qual 1.00 real (R$) corresponde a 2 750 cruzeiros reais (valores de 1993) e 2 750 000 cruzeiros (valores de 1989).*" (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998).

Após Ter averiguado o valor emergético de todos os fluxos que compõem o sistema Brasil passa-se para um diagrama esquemático (Figura 3) que agrega todos os fluxos por categorias.

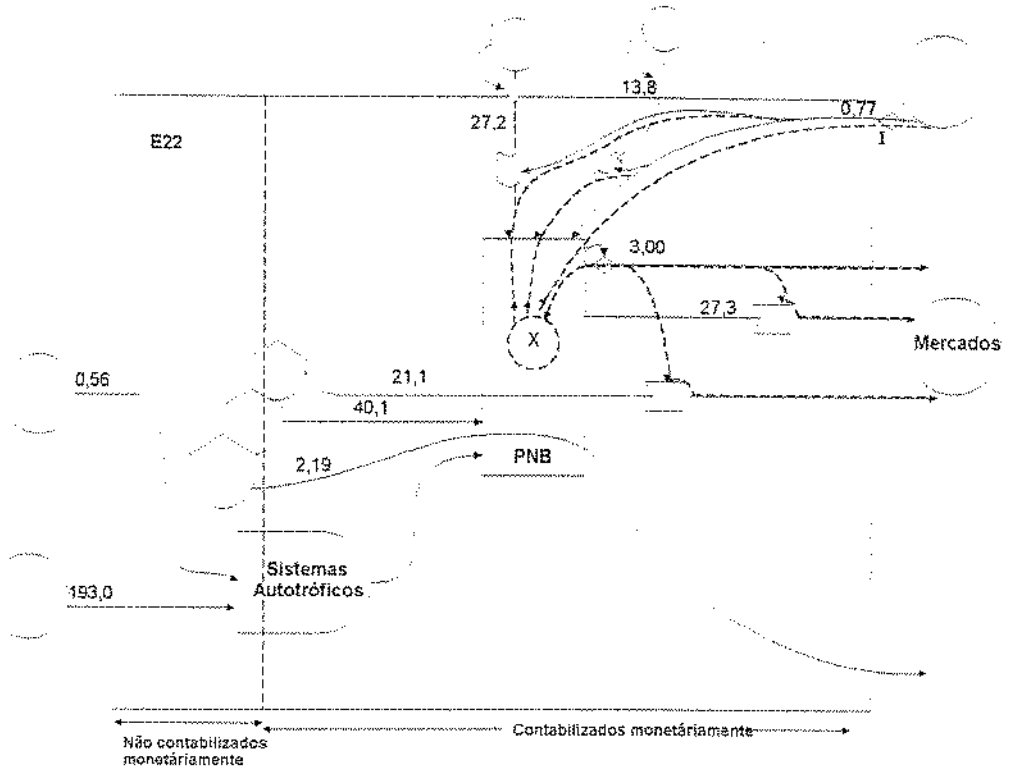


Figura 3 - Diagrama agredado dos Fluxos Emergéticos. em E22 sej/ano para o Brasil (1996).

"No capítulo de fontes renováveis (R) agrupamos os fluxos em duas vertentes.

- *"Rs", fluxo de energia solar, escolhemos o fluxo de maior valor que agregaria as contribuições dos fluxos estreitamente vinculados à luz solar, logo o potencial químico da água (chuva – rios) agrega todas as contribuições que se originam diretamente na luz solar.*
- *"Rm", fluxo de energia ligado à influencia lunar, o fluxo emergético das marés está relacionado à energia da lua diretamente, perfazendo um fluxo agregado.*

Os fluxos emergéticos provenientes tanto da energia hidrelétrica, quanto da agricultura e pecuária bem como da pesca e silvicultura como são baseados nos recursos naturais renováveis, foram agregados a R e não contabilizados separadamente.

No capítulo dos recursos não renováveis (N), agrupamos os fluxos em duas classes:

- *"Nn", estoques não contabilizados monetariamente representados pela perda de solo na agricultura. Cabe aqui ressaltar o conceito de não renovável, que vem a ser a característica de um recurso quando sua taxa de extração excede sua taxa de*

reposição.

- *"Nc", estoques contabilizados monetariamente reúnem os fluxos emergéticos da lenha, exploração florestal, gás natural, petróleo, e minérios. Os dois primeiros (lenha e exploração florestal) apesar de estarem inseridos em sistemas autotróficos possuem uma taxa de exploração elevada em consideração à taxa de reposição.*

- *"Ne", estoques de minérios diretamente exportados.*

Nos capítulos de importação e exportação, ambos estão subdivididos em três categorias:

- *Combustíveis e Minérios,*
- *Produtos, e*
- *Serviços.* (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998).

2.10.1 Emergia total do sistema Brasil e o Valor do seu Em-Dólar

O cálculo da Emergia total incidente no país (U, em Joules de Emergia Solar, *sej*, 10^{12}, ou E12), é a soma das emergias agregadas, descartadas as duplas contas de emergia, e na qual as emergias exportadas não entram na operação. Esta grandeza irá determinar quanto de emergia, proveniente de processos naturais não contabilizados, está relacionada à geração de riqueza (PNB, em US$) no Brasil, podendo-se assim calcular a razão entre fluxos de emergias e circulação financeira anuais.

Para o Brasil de 1995, a razão entre U (*sej*) e o PNB (US$) foi de 4,82 E12 sej/$, para o ano base 1995. Este valor será usado daqui para frente em todos os cálculos associados a valores monetários na avaliação dos processos de produção estudados.

O cálculo do PNB em US$, a partir dos dados do anuário estatístico, é feito através da conversão da moeda pela taxa de câmbio nominal do ano. Utilizaram-se também dados do Banco Mundial e do Ministério das Minas e Energia, cada qual com sua metodologia de avaliação do desempenho da economia. As taxas de câmbio foram calculadas a partir de dados da International Financial Statistics (1980) e da média anual partindo dos dados, dia a dia, do Banco Central, através de seu site na Internet, para os anos de 1989 e 1996.

Para o balanço de 1996, no que diz respeito ao câmbio, utilizamos o valor de conversão médio para os anos de 1994, 1995 e 1996, referente aos dados provenientes de cada ano para o balanço

de 1996 (Tabela 1), chegando em 0,8 dólares por real.

"...Quando o valor macroeconômico excede o monetário temos, no caso das exportações, uma saída liquida de emergia sem a contrapartida monetária, o que não é uma boa política econômico-ambiental para o País. Contudo quando isto ocorre nas importações dizemos que o país esta lucrando emergéticamente contudo com o prejuízo emergético de outro país, numa transferência de impacto ambiental e outras externalidades não contabilizadas monetariamente, para outras nações. Esta tem sido a política de recursos estratégicos das nações desenvolvidas em detrimento dos países do terceiro mundo incluindo o Brasil. O Brasil perde emergia nas transações com o exterior, principalmente em produtos minerais, produtos da madeira, papel e celulose, produtos agro-industriais, têxteis, aço e petróleo." (COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998).

A análise das economias de outras nações (ODUM e ODUM, 1983) levou a uma classificação das economias nacionais baseadas nas suas exportações como nações "consumidoras" ou nações "provedoras". Se uma nação importa mais eMergia do que exporta, está classificada como uma nação "consumidora"; quando ela exporta mais do que ela importa, é uma nação "provedora". As nações provedoras podem ser ulteriormente classificadas na base da composição das suas exportações. As nações cujas exportações são compostas principalmente de matérias-primas (em quantidades maiores do que 50%) são "provedoras de recursos". Quando as exportações são compostas principalmente de produtos de qualidade elevada, ou intermediária, ou são produtos acabados, a nação exportadora é considerada uma "provedora de commodity" (BROWN e McCLANAHAN, 1992). O Brasil é então um provedor de recursos.

"Acreditamos que a metodologia emergética fornece dados que auxiliam a tomada de decisões em programas de desenvolvimento, em especial no Brasil onde o processo inflacionário, segundo o Banco Mundial, teve a média de 423,4% ao ano no período de 1980 a 1993, causando além dos efeitos deletérios na economia, a degradação do meio ambiente, por gerar insegurança na economia e menor compromisso com o futuro dos recursos. Neste quadro, a população acaba por optar pelo consumo uma vez que o dinheiro perde rapidamente seu valor. Além disso prejudicou todas as estimativas e estatísticas oficiais no período, incluindo-se o PNB. Contudo, esse fato reforça a importância deste tipo de metodologia em especial no caso de países com alta taxa de inflação, nos quais o dinheiro perde seu valor."(COELHO, ORTEGA, COMAR, 1998).

Na medida em que crescem as densidades populacionais, ou a emergia por área e por pessoa, os recursos são dissipados e aumentam os custos públicos para providenciar serviços, incluindo os serviços que eram providenciados pela natureza. Isto é o caso do valor do ambiente natural na sua função de assimilação dos dejetos.

2.10.2 Implicações para as Políticas Públicas

O Brasil é uma *'nação doadora'*, na terminologia da teoria emergética, pois exporta grandes quantidades de matéria prima em minérios, alimentos, energéticos (petróleo, que também importa), madeira, etc., recebendo um correspondente emergético bem menor (COMAR, 1994). Seu uso do solo é também extremamente irracional do ponto de vista emergético, basta citar a cana de açucar - tanto para açucar de exportação quanto para o álcool, cujo processo está com um déficit em Emergia Líquida - o gado, perda em produtividade agrícola, biodiversidade, pela destruição constante de áreas florestais, piora na consistência do solo e nos recursos hídricos, prejudicados pelo lixiviamento induzido pela pastagem e a compactação do solo decorrente do seu uso. Cada um destes itens é passível de investigado à luz da teoria emergética.

Terá que se rever a questão agrícola, menores unidades agrícolas com tratores menores e uso mais produtivo da terra apoiando o trabalho manual, diversificando a produção e agregando valor aos produtos pela industrialização dos alimentos. Deverão ser usados também sistemas de produção agrícola com menores inputs de produtos químicos e derivados do petróleo reciclando dejetos e integrando diferentes sistemas de produção procurando uma transição destes sistemas para uma sustentabilidade das suas características ecológicas e biofísicas.

Finalizando, as alternativas com maiores fluxos de emergia tendem a prevalecer pois suas contribuições à economia são mais ricas. O processo decisório público experimenta várias alternativas para observar sua utilidade. É um processo de erros e acertos onde procura-se usar o bom senso face à complexidade das condições. Na última análise as alternativas de alta emergia serão aceitas pelo fato delas terem tido successo e sobrevivido.

3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização e Localização de Áreas de Estudo

3.1.1 Panorâmica geral

A região do Alto Rio Pardo, ou Microbacia das Cabeceiras do Rio Pardo, encontra-se numa importante área de transição entre o cerrado e a Mata Atlântica, contando com resquícios de Floresta de Araucárias e com formações geológicas peculiares como a "*Cuesta*". A região faz parte do Aqüífero Botucatu, o qual ainda não se encontra contaminado. Este aqüífero conta com pontos de afloração ricos em espécies endêmicas os quais são importantes

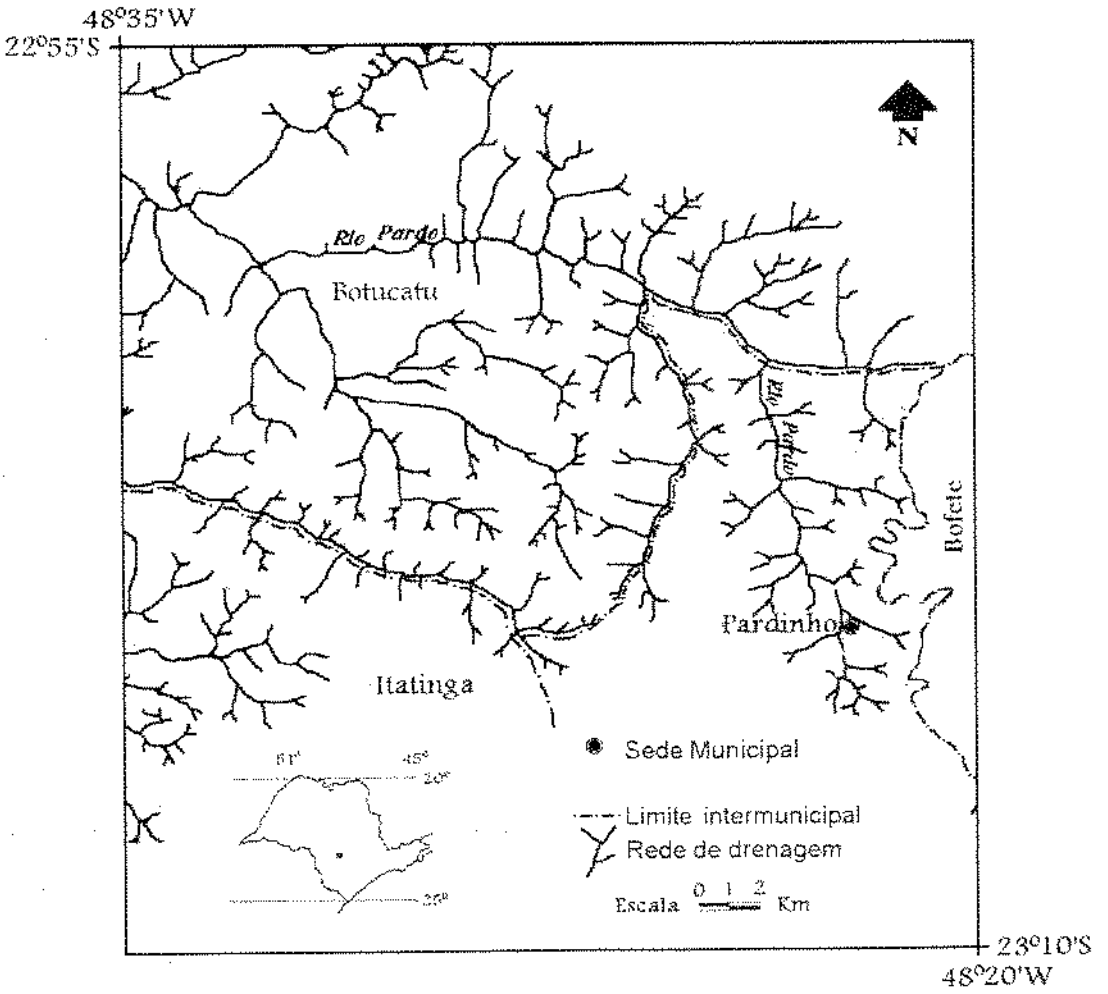


Figura 4 - Mapa de localização das cabeceiras do Rio Pardo (SIMÕES e CARDOSO, 1998).

indicadores ecológicos, referenciais à saúde dos ecossistemas.

Como afluente do Paranapanema, o Rio Pardo é parte da sua bacia, região mais expressiva do Estado de São Paulo na produção de grãos (soja, milho, feijão) com grande potencial turístico. Seu potencial para o desenvolvimento precisa ser equilibrado por um planejamento agroecológico adequado ao desafio, propondo diretrizes graduais de transição entre os presentes modelos de agricultura e pecuária dependentes de altos insumos para um modelo menos impactante nos recursos naturais e mais ligado ao potencial de resposta biológica do meio.

A consideração da bacia hidrográfica como unidade básica de estudo a ser gerenciada advém da sua configuração natural se caracterizar, normalmente, num conjunto unitário ou fracionado de um ecossistema específico. Desta forma pode-se melhor avaliar, por meio de um conjunto histórico de evolução natural e uso antrópico, o impacto das atividades humanas e seus gradientes de sustentabilidade devido a sua capacidade de suporte nas condições observadas.

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo abrange cerca de 3% da área total do Estado de São Paulo, com 615.464 habitantes (SEADE, 1996), equivalente a cerca de 2% da população total do Estado.

O Conselho Intermunicipal de Defesa do Rio Pardo, recém criado, é composto por instituições e setores da sociedade dos Municípios de Pardinho (nascentes do Rio Pardo), Botucatu e Itatinga e mostra um bom início de um processo constante de participação democrática e monitoramento no planejamento e uso dos recursos naturais da região.

A somatória destes elementos definem um cenário desafiador, de tratamento e intervenção prioritárias para salvaguarda do ambiente e, principalmente do manacial hídrico e das espécies endêmicas, referenciais biológicos e ecológicos fundamentais.

3.1.2 Justificativa sobre o espaço escolhido

A região de Botucatu e dos municípios de Pardinho e Itatinga situam-se nos "Ecossistemas da Região das Florestas Estacionais Semidecíduas" dentro de uma área alterada pela ação antrópica, onde a vegetação nativa está erradicada (Mapa Temático "Ecossistemas da Região das Florestas Estacionais Semideciduais", PNMA, 1995).

Esta região, que pertence às províncias geomorfológicas da Depressão do Médio Tietê Superior, *Cuesta* Basáltica e Planalto de Botucatu/Itatinga (IPT, 1981, SIMÕES e GEHRING, 1998), foi classificada pelo IPT em 1955 como de alta criticidade em relação aos processos erosivos.

"Tal fragilidade tem sido agravada como decorrência do avanço da agricultura em locais impróprios, antes ocupados pela vegetação nativa da região, especialmente mata e cerrado. As cabeceiras de drenagem encontram-se muito deterioradas, apresentando processos erosivos avançados como as voçorocas." (SIMÕES e GEHRING, 1998).

Os poucos remanescentes florestais estão presentes nas matas ciliares, precárias e sem os limites devidamente respeitados, e em declives onde qualquer tipo de atividade agropecuária seria impraticável.

A Bacia do Rio Pardo é de grande interesse porque:

- Abastece água para a população, uso agrícola e industrial de 33 municípios.
- Encontra-se em estado preocupante nas cabeceiras, precisando-se reforçar áreas de mata ciliar.
- Possui vários tipos de solo e florestas, com diversos graus de degradação e preservação.
- Observam-se diversas formas de organização de pequenos, médios e grandes produtores.
- Usam-se diversas tecnologias.
- Existem diversos níveis de agregação de valor aos produtos primários.
- Conta com organismos de ensino superior e extensão rural atuantes e abertos à colaboração.
- Sua *"Cuesta"* representa uma formação geológica que, além de única no país, é fonte de importantes recursos naturais.
- Localiza-se próximo a centros de ensino e pesquisa de excelência.

3.1.2.1 Localização e características climáticas

A região da bacia hidrográfica do Rio Pardo contemplada, na zona de recarga do Aqüífero Botucatu, que inclui a microbacia da suas cabeceiras, situa-se entre as coordenadas 22°55' a 23°10' S e 48°35' a 48°20' W, no município de Botucatu, na região Centro-Sul do Estado de São Paulo (Fig. 4).

Um clima do tipo Cfa, segundo a classificação climática proposta por Köeppen, foi sugerido para a região por MARTINS (1989). Clima temperado chuvoso, constantemente úmido e com a existência de quatro ou mais meses consecutivos com temperatura média acima de 10°C, com a temperatura média do mês mais quente, igual ou superior a 22°C.

Já CARVALHO & JIM (1983) adicionam o Cwa, que seria encontrado na região Reverso da "Cuesta". Este tipo caracteriza-se como um clima mesotérmico de inverno seco em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18o C e a do mês mais quente ultrapassa 22oC. O índice pluviométrico deste tipo climático varia entre 1.100 a 1.700 mm.

As chuvas ocorrem com maior freqüência no verão, tendo-se assim uma estação mais seca entre os meses de abril e setembro, com julho de maior intensidade de seca. A precipitação máxima anual de 2.247 mm em 1983 e mínima anual de 934 mm em 1984 para o período estudado (MARTINS, 1989).

3.1.2.2 Características geológicas e geomorfológicas

Geológicamente o município de Botucatu situa-se na borda nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, uma unidade geotectônica consolidada sobre a Plataforma Sul-Americana.

Encontram-se entre as principais unidades litoestratigráficas da Bacia do Paraná, que afloram no município de Botucatu, segundo sua distribuição estratigráfica:

a) Formação Pirambóia;
b) Formação Botucatu;
c) Formação Serra Geral;
d) Formação Marília e
e) Formação Itaqueri,
além de depósitos neocenozóicos.

A Serra de Botucatu sustenta-se pelos arenitos da Formação Botucatu e pelos basaltos da Formação Serral Geral. Os basaltos afloram nos fundos de vales, sendo recobertos pelos arenitos das formações Marília e Itaqueri (IPT, 1995).

A Bacia Experimental do Rio Pardo drena as três províncias geomorfológicas: Depressão do Médio Tietê Superior, *Cuesta* Basáltica e Planalto de Botucatu/Itatinga, onde insere-se o município de Botucatu, sendo elas assim descritas (ENGEA, 1990 e SIMÕES, 1996):

a) Planalto de Botucatu/Itatinga: que abrange a área no reverso da *Cuesta*, pertencente ao Planalto Ocidental. Os sedimentos do Grupo Bauru, representados pelos arenitos da Formação Marília e pelos basaltos da Formação Serra Geral aí predominam. Sobre colinas médias, pequenos morros e espigões desta província localiza-se a área urbana. Os relevos desse compartimento apresentam dissecação média a alta;

b) *Cuesta* Basáltica: corresponde à área abrangida pela frente da escarpa, os terrenos constituídos pelos depósitos coluvionares no sopé desta e os morros testemunhos. Destaca-se a presença de arenitos da Formação Botucatu e derrames e intrusivas básicas da Formação Serra Geral. As formas de relevo são fortemente marcadas pela estrutura;

c) Depressão do Médio Tietê Superior: refere-se à região da Depressão Periférica correspondente à bacia do Rio Tietê Médio Superior. Predominam os arenitos da Formação Pirambóia que permitem o desenvolvimento de relevos altamente dissecados.

SIMÕES resume que "*As fragilidades do quadro geológico regional foram discutidas por ENGEA (1990), que se caracteriza por uma instabilidade goetectônica decorrente dos movimentos verticais ascencionais tanto da escarpa arenito-basáltica quanto da Depressão Periférica. Tais movimentos decorrem da compensação isostática como resposta ao alivio de pressão causado pela intensa retirada de material durante a gênese da Depressão Periférica. As conseqüências desse processo são fraturas subverticais que passam a fendas, às vezes abertas, aumentando o volume de infiltração das águas superficiais, o que favorece o intemperismo das rochas e o solapamento da frente da escarpa. Segundo o IPT (1995), processos de escorregamento, rastejo e queda de blocos ocorrem nas escarpas da Serra de Botucatu, e muito localmente, em encostas íngremes do reverso da cuesta. O município de Botucatu foi classificado pelo IPT (1995) como de alta criticidade em relação aos processos erosivos.*"

3.1.2.3 Características pedológicas

A porção da bacia hidrográfica do Rio Pardo localizada no Planalto de Botucatu-Itatinga apresenta solo classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo-fase arenosa (LVa), caracterizado por textura arenosa, profundo, bem drenado, de coloração vermelho amarelo, formado a partir de arenitos (CARVALHO, 1981).

Na área da bacia correspondente à *Cuesta* encontram-se solos rasos do tipo cambissolos e litossolos originados dos arenitos da Formação Botucatu e basaltos da Formação Serra Geral.

O potencial da área em relação aos processos de movimentação de massas do tipo escorregamentos, rastejo e queda de blocos foi destacado por ENGEA (1990) e IPT (1995), sendo que este incluiu as escarpas numa unidade de risco muito alto em relação à erosão.

Associados aos sedimentos arenosos da Formação Pirambóia na Depressão do Médio Tietê Superior, encontram-se solos Litólicos e Podzólicos Vermelho Amarelo. Estes solos caracterizam-se por serem rasos a moderadamente profundos, arenosos, de baixa fertilidade e suscetibilidade à erosão forte à muito forte.

Encontram-se ainda, solos Podzólicos Vermelho-Amarelo abrúpticos e não abrúpticos, arenosos e de baixa fertilidade, com suscetibilidade à erosão de moderada à forte.

Nesta província geomorfológica, os solos mais argilosos e profundos desenvolvem-se sobre corpos intrusivos (*sills* e diques), basálticos (SIMÕES, 1996).

O **quadro 1** lista os principais tipos de solos encontrados na Microbacia da Cabeceira do Rio Pardo e algumas das suas principais características agronômicas.

Quadro 1. Tipos de Solos da Microbacia Hidrográfica da Cabeceira do Rio Pardo e Suas Principais Características Agronômicas.

Tipos de Solos	Principais Características Agronômicas
LEd - Latossolo Vermelho Escuro Distrófico	Solos profundos, férteis, alta potencialidade agrícola, relevo suave, próprio para culturas anuais e perenes, pastagens e reflorestamento
LRd - Latossolo Roxo Distrófico	Solos profundos, férteis, relevo suave e próprio para culturas anuais e perenes, pastagens e reflorestamento
PVd – Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico	Solos de média fertilidade, com problemas de erosão, mais apropriados para culturas perenes, pastagens e reflorestamento
HI - Hidromórficos	Solos com lençol freático alto, topografia plana, tendo como uso mais apropriado a preservação permanente

Fonte: Casa da Agricultura de Botucatu/SP. 1998 (quadro citado em CARVALHO et al., 1998).

A produção de arroz, feijão, milho e soja divide-se em unidades de exploração familiares e patronais. São também praticadas na região a silvicultura, a fruticultura, a caprinocultura, a suinocultura, a equinocultura e a bovinocultura (leite, corte e mista).

Há uma expressiva biodiversidade na vegetação. Constando-se matas de transição e atlântica, vegetação de cerrado e campo cerrado, com espécies isoladas do Pinheiro-do-Paraná (*Araucaria*

brasiliensis), como testemunhos de um clima anterior mais frio (TORNERO, 1966).

3.2 Delimitação da área da bacia hidrográfica

A delimitação de uma bacia hidrográfica é dada pelas linhas divisoras de água que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes na carta topográfica, e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada (ARGENTO & CRUZ, 1996).

A delimitação da bacia do Rio Pardo foi realizada por fotointerpretação (estereoscopia). Tendo-se como base a definição de ROCHA (1991) para bacia hidrográfica e seguindo-se os conceitos de olho d'água, nascente, como definidos pelo Artigo 2º da Resolução CONAMA, no 004 (de 18.09.1985).

Segundo ROCHA (1991), uma bacia hidrográfica engloba áreas drenadas pelas águas de chuvas, as quais, por ravinas, canais e tributários, dirigem-se para um curso principal, com vazão efluente convergindo para única saída e desaguando diretamente no mar ou num grande lago.Por meio da caracterização do meio físico da bacia hidrográfica, o planejador pode estabelecer critérios de agrupamento de classes e definir tipos de manejo para toda a bacia (ASSAD et al., 1993). Na Constituição, Artigo 20, Cap.VI, da Lei no. 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a Política Agrícola "estabelece que as bacias hidrográficas constituem-se unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais".

Segundo VALÉRIO FILHO (1995), o manejo de bacias hidrográficas deve ser entendido como um conjunto de procedimentos resultantes de trabalho integrado multi e inter-disciplinar para identificar opções de soluções dos problemas que alteram os sistemas ambientais.

3.3 Estrutura Fundiária

Em recente trabalho CARDOSO et al. (1998), encontraram que o único modo de apropriação da terra foi a propriedade jurídica, as unidades variando entre 4,8 a 1.815 hectares, entre as áreas das nascentes e as ao longo do curso do rio. Conforme demonstra o Quadro 2, existe uma importante diferenciação entre os subsetores em relação aos tamanhos das propriedades.

Quadro 2: Estrutura Fundiária por Subsetores da Microbacia Hidrográfica da Cabeceira do Rio Pardo, 1997/98 (CARVALHO et al., 1998).

	SUBSETOR 1a (nascente)		SUBSETOR 1b (curso d'água)	
Estrato de área (ha)	% de propriedades	% da área	% de propriedades	% da área
até 50	80	61,03	50	4,84
50,1 a 100	20	38,97	20	4,65
100,1 a 200	-	-	10	5,07
300 a 400	-	-	10	15,02
mais de 1.000		-	10	70,42

Fonte: pesquisa de campo, 1997/98.

Em relação à preservação dos recursos naturais, o mesmo estudo encontrou que:

"No total de propriedades do setor, as nascentes, presentes em cerca de 75% delas são, na sua maioria, desprotegidas de vegetação adequada dentro da largura legal vigente[1] (raio mínimo de 50 metros). A mesma situação é encontrada com relação ao curso do Rio Pardo, muito embora, nesse caso, a largura mínima legal[2] da faixa marginal seja de 30 metros. As áreas degradadas, encontradas em aproximadamente 30% das propriedades, são caracterizadas por processos erosivos".

[1] Código Florestal, Lei nº 4.771, de 15/09/1965, alterada pela Lei nº 7.803, de 18/07/1989.
[2] Idem.

3.4 A Metodologia Emergética

O avanço nos estudos da Engenharia Ecológica, que lança mão da metodologia emergética, tem criado perspectivas inovadoras para este novo campo científico: as repercussões da avaliação emergética se encontram hoje, principalmente no campo do planejamento regional, em relação ao uso da terra, alocação de percentagens de áreas para determinados cultivos e áreas de preservação, e na determinação dos parâmetros para identificar prioridades para desenvolvimento de agroindústria numa escala adequada à realidade cultural, sócio-econômica da população e à capacidade de suporte dos agroecossistemas.

A metodologia geral para análise emergética é de abordagem sistêmica, partindo do geral para o detalhe (ODUM 1983). O primeiro passo consiste em construir diagramas sistêmicos como um meio de organizar o pensamento e as relações entre componentes. Os fluxos de energia das fontes de recursos e as trocas energéticas entre componentes são representados por linhas denominadas 'caminhos'. O segundo passo é a construção de tabelas de avaliação emergética, derivadas diretamente destes diagramas. O terceiro passo envolve o cálculo de vários índices emergéticos que relacionam os fluxos emergéticos da economia com os de dentro do ambiente natural para predizer a viabilidade econômica e a capacidade de suporte do sistema. Finalmente, usando os resultados das tabelas de avaliação emergética e os índices derivados, são propostas opções para diretrizes públicas.

Estas opções são sugeridas pelos custos e benefícios dos diferentes desenvolvimentos propostos.

3.4.1 Emergia e Transformidade

Essencialmente a *emergia* pode ser concebida como 'memória energética' (SCIENCEMAN, 1987), pois ela representa toda a energia incorporada no desenvolvimento de um processo ou produto específico. Quando os processos são avaliados, todos os inputs são expressos numa base comum, ou seja a *emergia solar*, pois todo tipo de energia não tem a habilidade eqüivalente de realizar trabalho. Esta base comum facilita a comparação de processos alternativos ou de

investimentos energéticos.

A emergia solar deriva seu nome do fato da maioria dos processos existentes na ecosfera serem produzidos inicialmente pela energia solar, a força motriz dos processos biológicos. Assim, a base referencial da emergia é , normalmente, a energia solar, e ela é medida em Joules de Emergia Solar (*sej*). Assim, precisa-se apenas de 1 sej, ou Joule de Emergia Solar, para produzir um Joule de energia solar, enquanto os processos gerados pela energia solar, como 1 Joule de vapor gerado pela evaporação da água de baixo da ação do sol, requer 62 unidades de energia solar, ou *sej*. Esta quantidade de Joules de emergia solar necessárias à produção do mais simples processo, o vapor, representa o valor eqüivalente de energia solar original. Este valor necessário à formação de 1 Joule de qualquer processo é conhecido como a sua *'Transformidade'*, cuja unidade é Joules de Emergia Solar por Joule (*sej J*).

A tabela a seguir ilustra o aumento nos valores das transformidades para diferentes processos na medida em que eles se tornam mais complexos e mais dependentes de valores adicionados de emergia. Algo com maior transformidade torna-se automaticamente mais valioso para os ecossistemas, na medida em que ele sofreu vários processos de transformação e 'adicionou' à sua carga existencial maior quantidade de energia solar original, ou emergia. Existem faixas de Transformidades para os mesmos processos e, quando as transformidades são calculadas para os mesmos produtos ou processos em diferentes condições, as diferenças em seus valores representam graus diferenciados de eficiência. Uma maior transformidade para um mesmo processo em situação diferente normalmente o define como menos eficiente, pois ele precisou usar mais emergia para produzir 1 Joule de si mesmo.

Tabela 2. Transformidades Solares típicas (em emjoules solares por Joule)
(Odum e Harding, 1991)

Item	sej/J
Energia solar	1
Energia do vapor	62
Energia cinética do vento	623
Matéria orgânica não consolidada	4.420
Energia geopotencial dispersa na chuva	8.888
Energia química dispersa na chuva	15.423
Energia geopotencial nos rios	23.564
Energia química nos rios	41.000
Energia mecânica em ondas e marés	17.000-29.000
Combustíveis consolidados	18.000-40.000
Alimentos, hortifrutigrangeiros, grãos	24.000-200.000
Alimentação protéica	1.000.000-4.000.000
Serviços humanos	80.000-5.000.000
Informação	10.000-10.000.000.000.000

A transformidade pode ser considerada, então, um indicador de qualidade, de acordo com o principio da maximização da potência de Lotka-Odum (ODUM, 1996). A Transformidade é definida como o quociente da Emergia de um produto dividida pela sua energia (H.T. ODUM, 1976b, 1988). Sistemas que se auto-organizam desenvolvem-se para um optimum de performance para um máximo de produção ou output. Para maximizar o output, os sistemas naturais alcançam um grau otimal de eficiência, que não corresponde à máxima eficiência teórica esperada. Assim, a transformidade de um produto ou de um fluxo de output é a transformidade optimal para um processo que se auto-organiza selecionado por uma performance de longa data num processo de erros e acertos. Pode ser considerada uma medida de qualidade, pois o sistema que está operando à transformidade otimal é melhor adaptado para as atuais condições ambientais, ou seja, ele é o que está mostrando a eficiência termodinâmica ótima para um máximo output de potência. O aumento em eficiência dos sistemas controlados por seres humanos podem ser medidos por mudanças nas suas transformidades, para seus valores otimais para o máximo de output de potência. De acordo com as mudanças ambientais e disponibilidade de recursos (as vezes em diminuição), o ponto otimal vai mudar e consequentemente as transformidades se alterarão com o passar do tempo. Normalmente a melhor escolha é uma transformidade média para um processo ou produto.

3.4.2 Etapas de uma Avaliação Emergética

3.4.2.1 1ª Etapa: Visão Panorâmica pelos Diagramas Sistêmicos

Um diagrama sistêmico panorâmico, usando os símbolos da linguagem energética ilustrados na figura 2, é construído inicialmente para colocar em perspectiva o sistema de interesse, integrar informações de várias fontes sobre o sistema e organizar a coleta de dados. O processo de diagramar o sistema de interesse nesta abordagem panorâmica assegura a inclusão de todas as energias forçantes e de todas as interações. O diagrama inclui tanto a economia quanto o ambiente do sistema e mostra todas as interações relevantes.

Um diagrama simplificado, ou agregado, é elaborado contendo as informações essenciais da versão mais complexa. Este diagrama agregado é usado para construir-se uma tabela de dados necessários para a análise emergética. Avalia-se então cada caminho que cruza os limites do sistema.

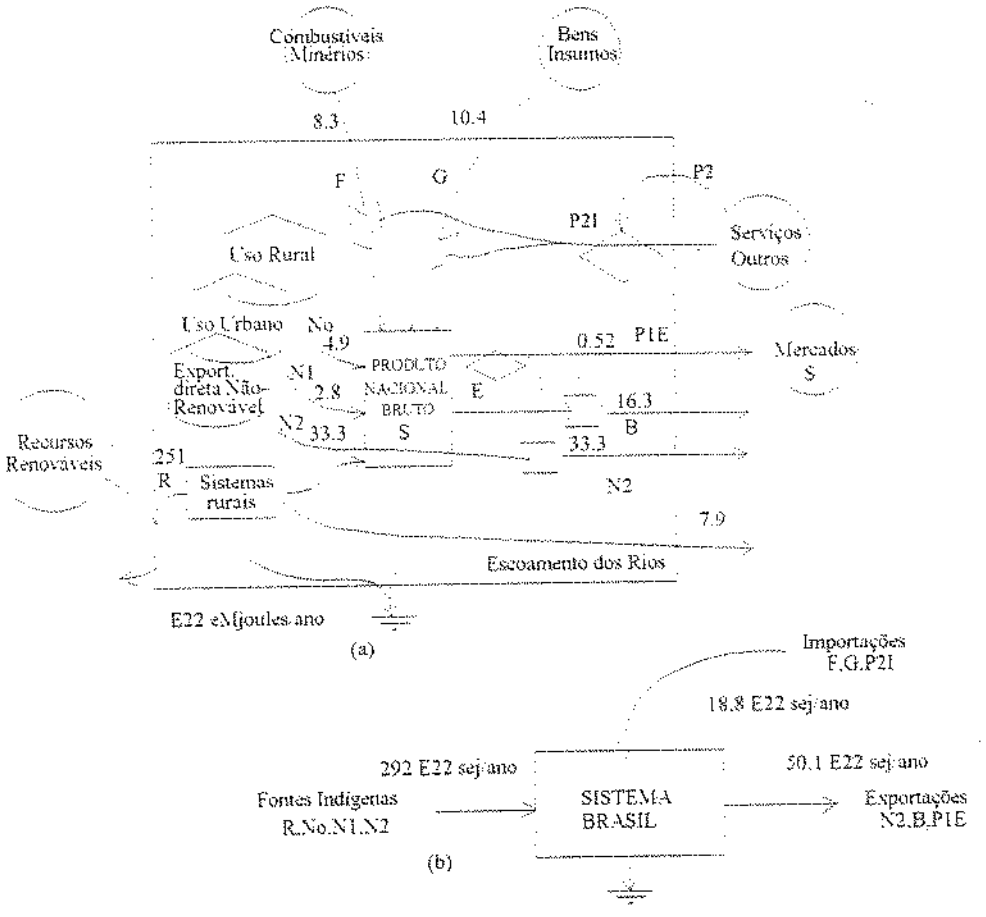


Figura 5. Exemplo de diagrama sistêmico panorâmico (a), e agregado (b).

3.4.2.2 2ª Etapa: Tabelas de Avaliação emergética

Normalmente a avaliação emergética de um sistema observado é conduzida em duas escalas. Primeiro, o sistema maior, dentro do qual se situa o sistema de interesse, é analisado e geram-se índices necessários para avaliação e propósitos comparativos. Segundo, o sistema de interesse é avaliado, levando a observações entre ele e outros sistemas comparáveis, e entre ele e o sistema maior.

A avaliação é conduzida usando uma Tabela de Avaliação emergética com os seguintes tópicos:

1 Anotação	2 Item	3 Unidades	4 Transformidade	5 emergia Solar	6 $ Macro-econômico

Cada fileira na tabela é um caminho de entrada ou de saída no diagrama agregado do sistema observado. Desta forma, os caminhos são avaliados como fluxos em unidades por ano. Segue uma explicação de cada coluna.

Coluna 1 - o número da linha e anotação que contém as fontes e os cálculos para aquele item.

Coluna 2 - o nome do item que corresponde ao nome do caminho no diagrama agregado.

Coluna 3 - as unidades usadas na quantificação do fluxo, normalmente avaliadas em fluxo por ano. A maioria das vezes as unidades são em energia (Joules/ano), mas às vezes são em gramas por ano.

Coluna 4 - transformidade do item, normalmente derivada de estudos anteriores.

Coluna 5 - emergia Solar, é o produto das unidades na Coluna 3 pela transformidade na Coluna 4.

Coluna 6 - o resultado da divisão da emergia Solar na Coluna 5 pela razão emergia/dinheiro, independentemente calculada, para a economia da nação, relevante ao sistema (BROWN e MURPHY, 1992).

3.4.2.4 3ª Etapa: Cálculo dos Índices emergéticos

Terminadas as tabelas emergéticas, vários índices são computados usando dados das tabelas para ajudar no processo de decisão das diretrizes públicas. Os critérios usados no julgamento de alternativas diferem, dependendo do caso, entre comparar-se dois sistemas ou avaliar-se um único sistema para sua contribuição à economia. Quando se comparam dois sistemas alternativos, aquele que contribui a maior parte da emergia à economia pública e minimiza as perdas ambientais é considerado o melhor. Quando se analisa um único sistema, seu sucesso é julgado em relação à economia dentro da qual está colocado, determinando quanto a sua intensidade emergética chega perto à da economia local, e se o sistema minimiza as perdas ambientais. Para se chegar a esta determinação, precisa-se calcular duas razões: a Razão

Investimento por emergia (IR) e a Razão de Carga Ambiental (ELR). Vários outros índices ajudam a ganhar perspectivas sobre os processos e as economias e tornam-se precursores necessários para a IR e a ELR; eles são: a Razão emergia por Dinheiro, emergia per Capita, Densidade emergética, Razão de Troca emergética, Razão de Produção Líquida por emergia e Transformidade Solar. Estas são definidas primeiro.

Razão emergia por Dinheiro. Esta representa a razão do fluxo total de emergia na economia de uma região ou nação pelo Produto Nacional Bruto da região ou nação. A Razão emergia por Dinheiro é uma medida relativa do poder aquisitivo, quando se comparam as razões de duas ou mais nações.

emergia per Capita. Esta é a razão do uso total da emergia na economia regional ou nacional pela população total. A emergia per Capita pode ser usada como medida do padrão de vida médio da população.

Densidade emergética. É a razão do uso total de emergia na economia de uma região ou nação pela área total da região ou nação. Densidades de emergia renovável e não-renovável são também calculadas separadamente, dividindo a emergia total renovável pela área e a emergia total não-renovável pela área, respectivamente.

Razão de Troca emergética. Esta representa a razão da emergia trocada numa transação comercial ou uma compra, ou seja, aquilo que se recebe por aquilo que se dá. Esta Razão é sempre expressa relativamente a um ou a outro dos parceiros comerciais e é uma medida da vantagem relativa de troca de um parceiro sobre o outro. A figura 6b mostra a relação e os cálculos da Razão de Troca emergética.

Razão de Produção Líquida por emergia. É a razão da produção de emergia de um processo pelos custos emergéticos necessários. Esta razão é uma medida de quanto um processo irá contribuir para a economia. As fontes de energia primária têm Razões de Produção na faixa de 3/1 até 11/1; assim elas contribuem muito para a riqueza da economia. A figura 6a mostra o método de cálculo da Razão de Produção Líquida (Produção por emergia).

Transformidade Solar: É a razão da própria energia num produto ou serviço pela emergia solar necessária à sua geração. A transformidade é uma medida do 'valor' de um serviço ou produto, presumindo-se que os sistemas que operam dentro das limitações do princípio da maximização de emergia geram produtos que estimulam o processo produtivo pelo menos na

mesma medida dos seus custos. A figura 6c mostra o método de calcular uma transformidade.

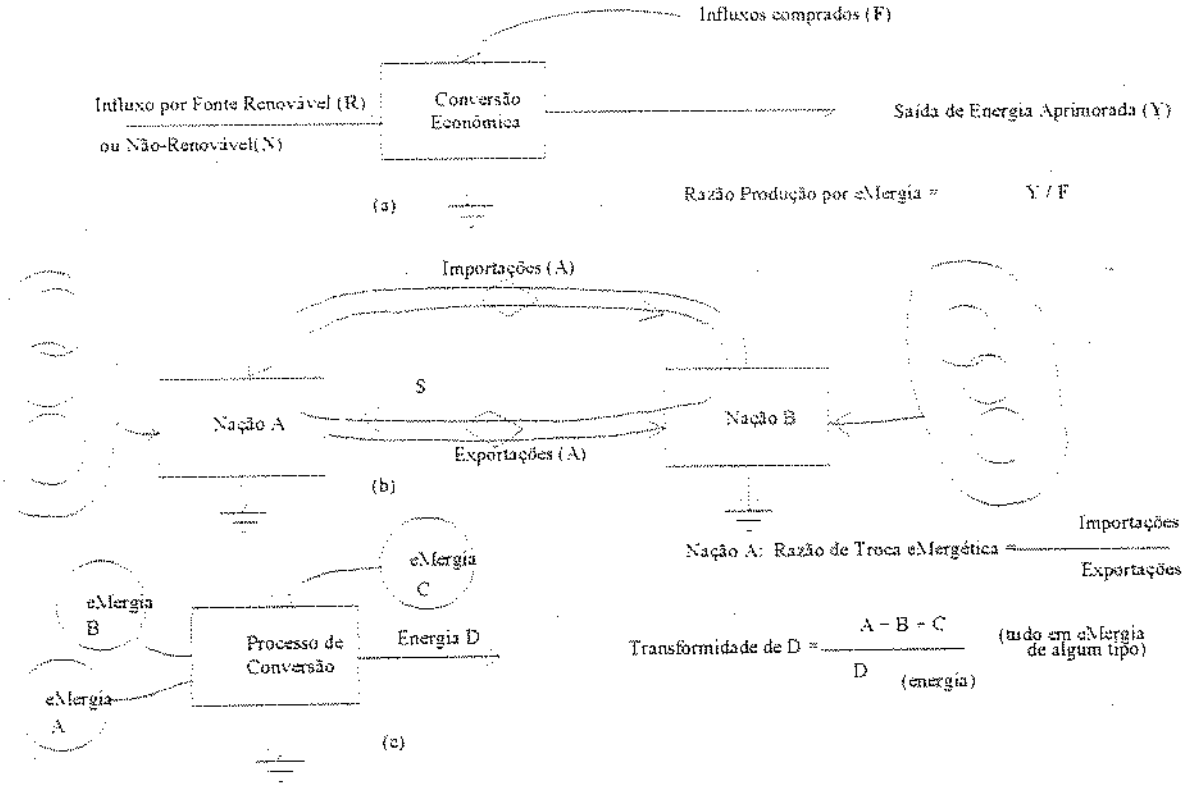


Figura 6 – a) Cálculo da Razão Produção/Emergia para uma conversão econômica onde a energia comprada é usada para aprimorar um recurso de grau inferior; b) Cálculo da Razão de Troca Emergética entre duas nações; c) Cálculo da Transformidade para o fluxo D, que é o produto do processo que requer o input de 3 fontes diferentes de Emergia (A, B e C). (BROWN e McCLANAHAN, 1992).

3.4.2 A Razão de Investimento por emergia - Determinando a Intensidade do Desenvolvimento e a Competitividade Econômica.

O diagrama na figura 7 ilustra o uso de emergias não-renováveis e renováveis dentro de uma economia regional. A interação das emergias não-renováveis (ambas adquiridas de fora do sistema (F) e transformadas dentro dele (N)) com emergias renováveis (R), é o processo primário pelo qual os seres humanos interagem com seu ambiente.

A Razão do Investimento (IR) é a razão dos inputs comprados por todas as emergias derivadas das fontes locais (a soma de R e N) como segue:

$$\mathbf{IR = F/(R + N)} \qquad \mathbf{(1)}$$

O nome é derivado do fato de que esta é uma razão da emergia 'investida' pela emergia residente. Quanto maior a Razão do Investimento, maior a intensidade do desenvolvimento. Razões de Investimento regionais ou nacionais são úteis para comparações com as Razões de Investimento dos processos individuais de desenvolvimento. Razões de investimento para várias nações estudadas variam de 7/1, nos Estados Unidos, a valores baixíssimos de 0,045/1, para Papua e Nova Guiné.

A comparação entre Razões de Investimento regionais e a razão para desenvolvimentos propostos ou existentes pode ser usada como indicação da intensidade do desenvolvimento relativo à economia local. Quando se comparam razões de dois desenvolvimentos do mesmo tipo, chega-se a uma indicação de sua competitividade econômica. A Razão de Investimento pode também ser usada para indicar se um processo está sendo econômico na utilização dos inputs comprados quando comparada a outros investimentos alternativos dentro da mesma economia.

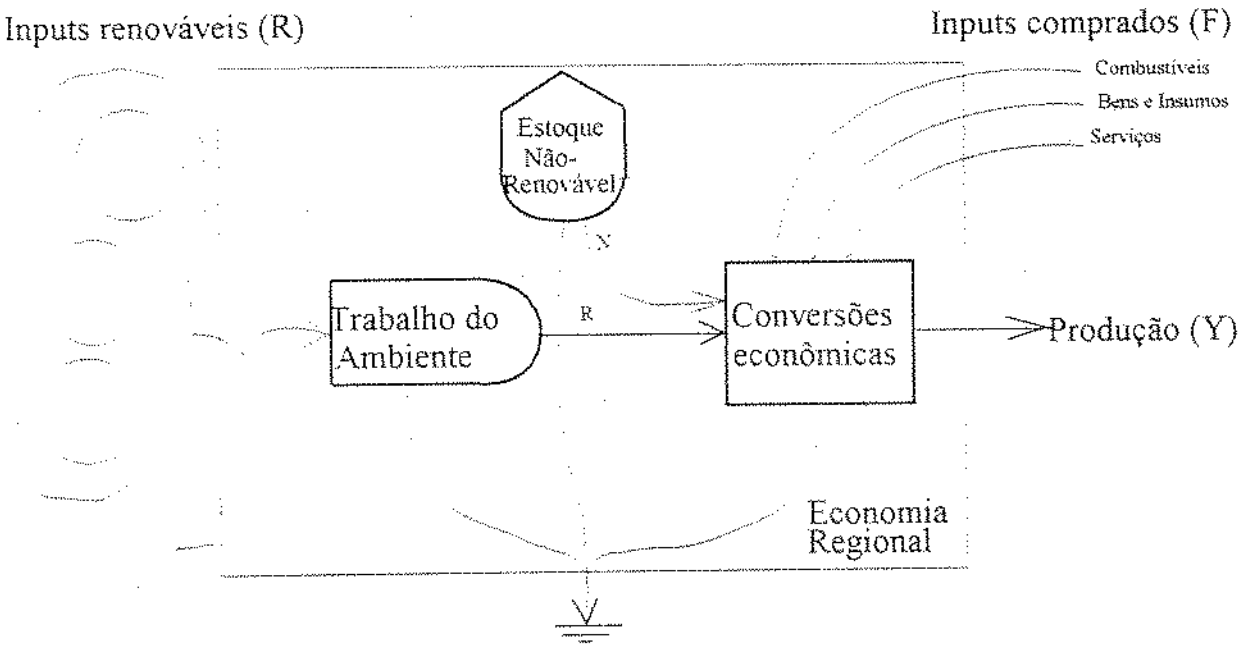


Figura 7 - Economia regional que importa F e usa inputs renováveis locais, R, e estoques não-renováveis, N. Várias Razões usadas para comparações entre sistemas se encontram abaixo do diagrama. As letras nos caminhos dos fluxos referem-se aos fluxos de emergia por unidade de tempo (BROWN e McCLANAHAN, 1992).

3.4.3 A Razão de Carga Ambiental - Determinando o Impacto Ambiental

Quase todo processo humano envolve a interação entre emergias não-renováveis com emergias renováveis do ambiente; desta forma, o ambiente está sendo 'carregado', ou seja, há uma aplicação de pressão ambiental ou "stress". A figura 4 mostra a carga ambiental como o resultado da interação entre a emergia adquirida (F) e os estoques não-renováveis de emergia (N) dentro do sistema. O caminho de emergia renovável (R) está entrando pelo trabalho realizado pelo ambiente. Representando um índice de carga ambiental, a Razão de Carga Ambiental (ELR - 'Environmental Loading Ratio') é a razão da emergia não-renovável (N + F) pela emergia renovável (R) como segue:

$$\mathbf{ELR = (F + N) / R} \qquad (2)$$

Uma ELR baixa reflete carga ambiental relativamente pequena, enquanto uma ELR alta sugere uma carga maior. A ELR reflete o "stress" ou a pressão ambiental potencial de um desenvolvimento quando comparada à mesma razão pela região e pode ser usada para calcular a capacidade de suporte.

3.4.4 Outras Razões Emergéticas

Outras razões emergéticas úteis usadas para as avaliações são: (ver Figura 8):

a) Razão da *emergia comprada para emergia gratuita* (**[M+S]/[R+N]**);

b) Razão da *emergia* não-*renovável para emergia renovável* (**[N+M]/R**);

c) Razão da *emergia nos serviços para emergia gratuita* (**S/[N+R]**);

d) Razão da *emergia nos serviços para emergia nos recursos* (**S/[R+N+M]**);

e) Razão da *emergia desenvolvida para emergia* (**[N+M+S]/R**).

Onde:

R é a emergia *gratuita e renovável* das contribuições ambientais (sol, vento, chuva);

N é a emergia *gratuita e* não-*renovável* das contribuições ambientais (solo, madeira, minerais).

M é a emergia comprada que vem de minerais, combustíveis e matéria prima adquiridos fora do sistema;

S é a emergia comprada em *serviços e mão-de-obra ou trabalho* (ODUM, 1996)

Obs.: um recurso não-renovável é definido como um que está sendo usado mais rapidamente do que é reproduzido naturalmente.

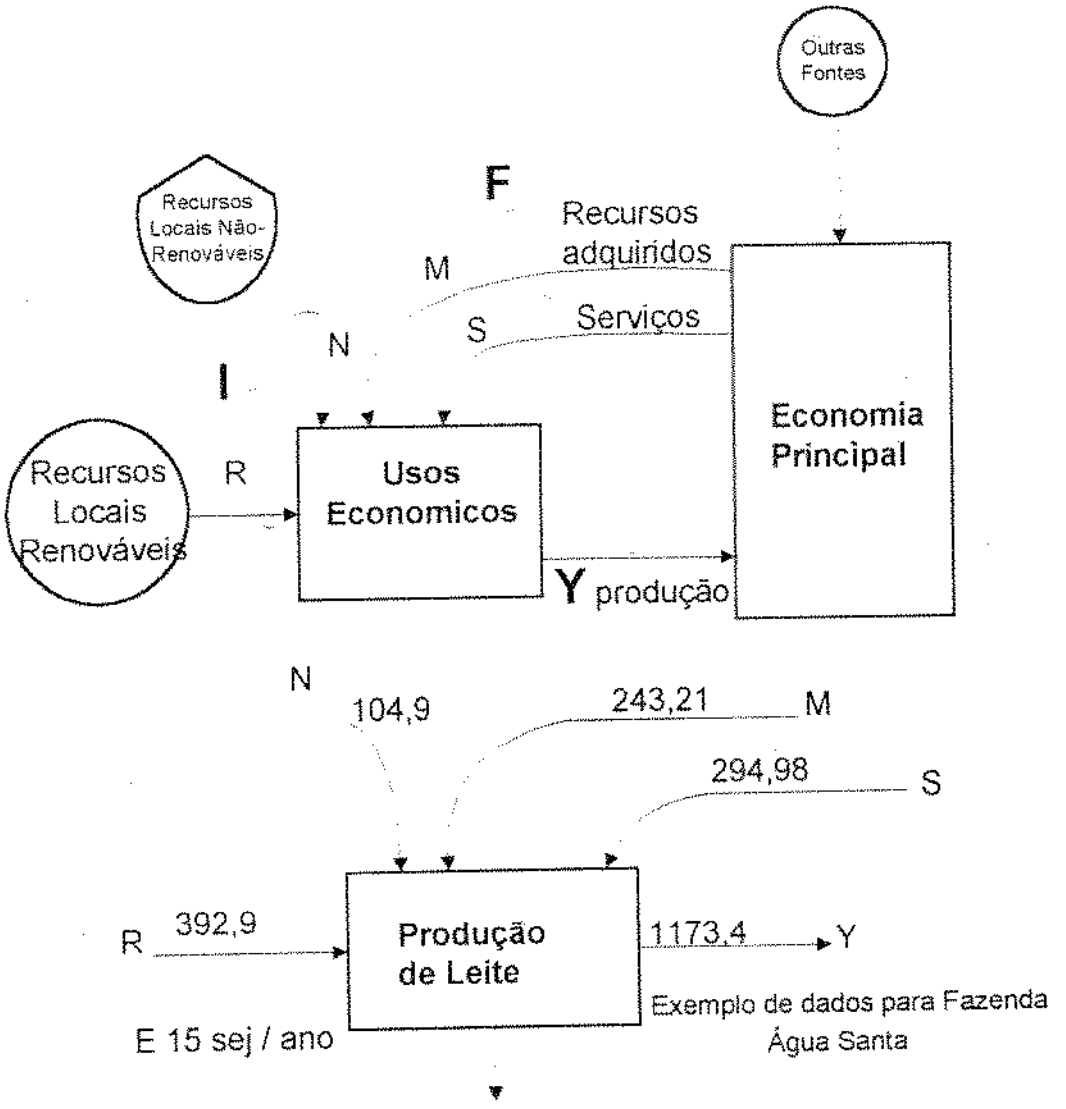


Figura 8 - Razões emergéticas para avaliação de investimentos.

3.4.5 Avaliando Razões de Investimento por Emergia Locais e Regionais

Um diagrama simplificado de uma economia regional e de um setor da economia é ilustrado na Figura 5. O setor usa emergia renovável (Rs) e emergia adquirida ambos da economia local (Fm) e da economia externa, ou mundial (Fi). O setor é parte da economia regional mas é mostrado separadamente para esclarecer a comparação entre ele e a região onde ele está localizado. A Razão Investimento por emergia na economia regional é derivada usando a razão da emergia comprada (F) para os inputs de emergia residente (Rm + Nm) como segue:

$$\mathbf{IRm = F / (Rm + Nm)} \qquad (3)$$

A Razão Investimento emergia do setor (IRs) é calculada de forma semelhante levando em conta todas as fontes renováveis e compradas de emergia:

$$\mathbf{IRs = (Fm + Fi)/(Rs + Ns)} \qquad (4)$$

A Razão de Carga Ambiental Regional (ELR) é calculada como a razão da emergia não-renovável (F + Nm) à emergia renovável (Rm). O cálculo da ELR para o setor econômico precisa, porém, considerar a porção de Fm que provém de Rm, como aquela área do ambiente que não está adicionando à carga ambiental do setor, mas é parte do sustento ambiental para o setor. A ELR para o setor é assim calculada subtraindo a porção de Fm que provem de Rm. Isto é feito calculando inicialmente a emergia total necessária à economia principal (emergia Total = Fm + Fi + Nm + Ns + Rm + Rs) e então dividindo para determinar a percentagem do total que é derivada de Im (definido como 'k' na Figura 5).

A ELR para o setor é então assim determinada (BROWN e MURPHY, 1992):

$$\mathbf{ELRs = [Fi + (Fm - kFm) + Ns] / (Rs + kFm)} \qquad (5)$$

onde:

k = percentagem da emergia total proveniente de R (Figura 9).

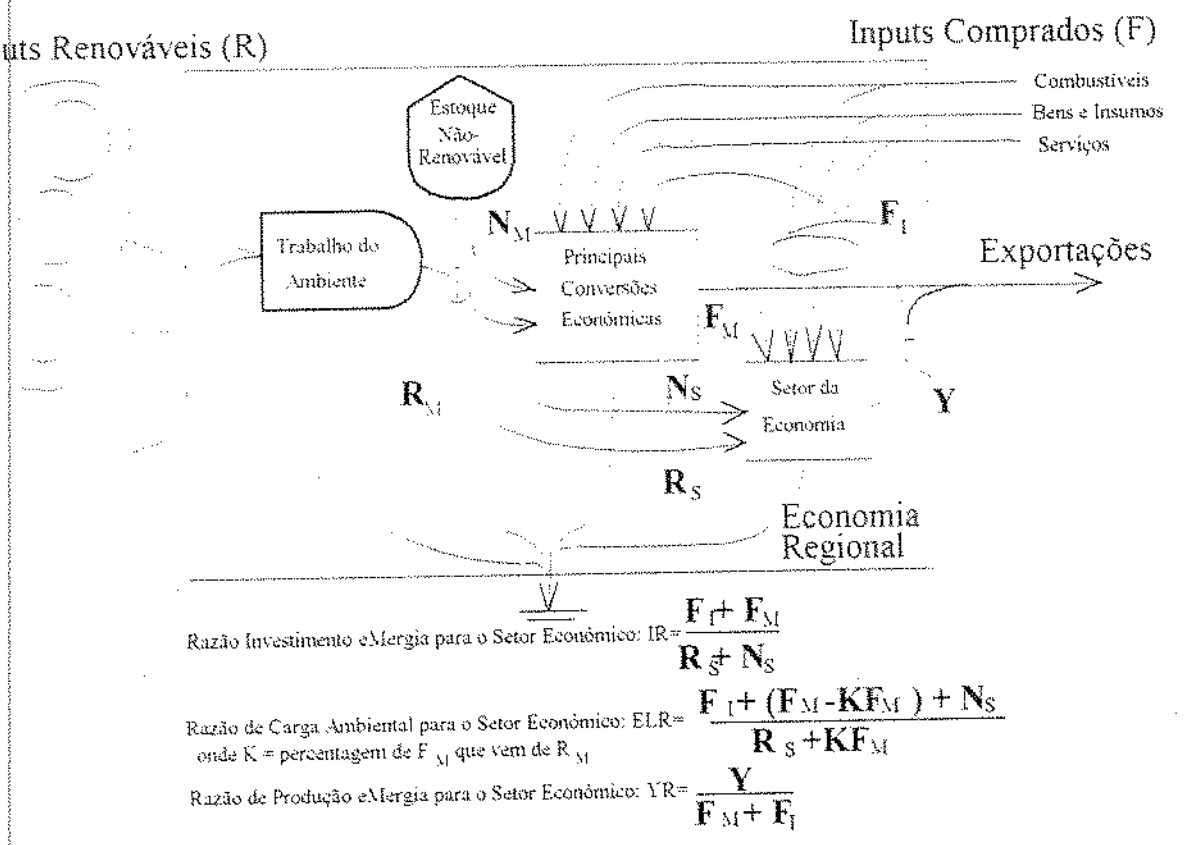


Figura 9 – Economia regional com fluxos energéticos de fontes externas e de dentro da economia. Um setor da economia está separado da economia principal ao lado direito. O setor recebe energia das importações (Fi), da economia principal (Fm), dos estoques não-renováveis (Ns) e do ambiente (Rs). (BROWN e McCLANAHAN, 1992).

3.4.6 Determinando a Capacidade de Suporte para Investimentos Econômicos

Uma vez que a ELR de uma região é conhecida e o uso total anual de emergia não-renovável por um desenvolvimento específico é determinado, a área de terra necessária para equilibrar este desenvolvimento pode ser calculada usando a média do fluxo anual de emergia renovável por unidade de área da paisagem, ou a **Densidade de emergia renovável**. A densidade de emergia renovável é derivada da análise das economias regionais ou nacionais. Para determinar a área de sustento necessária para um desenvolvimento proposto, e então a capacidade de suporte (quer diser: a área da paisagem necessária para o desenvolvimento), a Razão de Carga Ambiental para a região é calculada, e então uma simples proporção equivalente é construída:

ELR (região) = ELR (desenvolvimento) (6)

onde: ELR (região) = conhecida

ELR (desenvolvimento) = [Fi + (Fm - kFm) + Ns] / (Rs + kFm)

e então a equação é resolvida assim:

$$(Rs + kFm) = [Fi + (Fm - kFm) + Ns] / ELR\ (região) \quad (7)$$

Uma vez que a quantidade é conhecida, a área da paisagem necessária para equilibrar o desenvolvimento proposto é assim calculada:

$$Área\ de\ Suporte = (Rs + kFm) / densidade\ emergética\ renovável \quad (8)$$

3.4.7 Capacidade de Suporte Renovável no presente nível de vida

Dividindo o fluxo anual de emergia renovável, R, pela emergia total usada, U, encontra-se a fração de emergia usada que é localmente renovável (R / U, em %). Esta fração multiplicada pela população atual determina o número de pessoas que podem ser mantidas apenas pelo uso da emergia renovável no seu atual padrão de vida.

Segundo trabalhos realizados em nações desenvolvidas (ODUM e ODUM, 1983), existe uma proporção fixa de 1 para 8 entre R e N. Ou seja, há um padrão recorrente no uso proporcional de recursos renováveis e não renováveis. Isto determina, dentro deste padrão, que há uma capacidade de suporte extendida no presente nível de vida 8 vezes maior. Quer dizer que o sistema, como ele está atualmente se comportando, poderá absorver 8 vezes a população sustentada apenas pelos recursos renováveis. No caso específico do município de Botucatu, apenas 18.252 pessoas poderiam ser mantidas pelos recursos renováveis, mas o sistema poderia comportar até 146.016 pessoas no presente nível de vida.

3.4.8 Levantamento de Dados

O levantamento de dados foi realizado tanto nas unidades de produção agrícola no campo quanto em instituições de pesquisa e constitui-se de:

- Levantamento do tipo de solo e clima, da precipitação e insolação anuais, da cobertura vegetal e recursos hídricos e de outros componentes principais que afetam os agroecossistemas sendo estudados.
- Quantificação em fluxos de emergia por hectare por ano da contribuição dos recursos naturais aos processos de produção em estudo tais como: incidência de insolação e precipitação, mananciais hídricos, estoques de solo e vegetação e taxa de erosão do solo por tipo de cultura e uso.

- Produção anual por hectare dos produtos estudados.
- Insumos aplicados anualmente às lavouras estudadas incluindo mão-de-obra, serviços terceirizados, maquinários, combustíveis, sementes, corretivos, adubos e defensivos.
- Bens e serviços pagos anualmente para manutenção da mão-de-obra, residente ou não, nas unidades de produção em estudo.
- Avaliação do preço de mercado dos bens móveis e imóveis usados pelas unidades de produção em estudo.
- Fluxos econômico-financeiros anuais dos bens e serviços adquiridos e da receita das unidades de produção estudadas.

3.4.9 Modelagem e Simulação para Modelos de Unidade de Produção Agrícola (fluxos energéticos e emergéticos)

A partir da avaliação emergética são desenvolvidos modelos de produção de alimentos, que usam equações diferenciais discretas pela iteração do cálculo, para simular as variações nos estoques de sistemas de unidades de produção usando a linguagem BASIC.

A operação de um sistema pode ser simulada gerando sua configuração em intervalos de tempo. A simulação mostra como um sistema se comporta com o tempo.

A variação dos valores associados a cada componente indicará certas tendências implícitas em cada sistema observado podendo auxiliar na sua otimização.

A comparação dos vários modelos e suas tendências leva à constituição de modelos alternativos de políticas públicas e privadas de investimento que deveriam incorporar as melhores características presentes nos sistemas estudados assim propondo novas áreas de pesquisa e, possivelmente, algumas soluções práticas para os agricultores e para a agroindústria.

Os modelos são de dois tipos: de fluxo de energia e de fluxos de emergia. Os primeiros, sujeitos às leis da termodinâmica, os segundos, seguindo a teoria da transferência de emergia e seu comportamento dinâmico (ODUM, 1983).

Inicialmente estruturou-se um diagrama sistêmico dos componentes principais dos sistemas estudados e suas relações funcionais, os valores foram então atribuídos aos coeficientes de fluxo entre os componentes e aos seus estoques pela verificação dos dados de campo.

O sistema e seus componentes foram então testados pela alteração dos fluxos e dos estoques iniciais presumidos, assim definindo as áreas mais passíveis de mudança a pequenas alterações, testando a sensibilidade do modelo.

Diferentes cenários alternativos foram então propostos e avaliados para obter melhores resultados na eficiência emergética dos modelos.

3.4.9.1 Minimodelos Macroscópicos

Os minimodelos macroscópicos são uma família de modelos que pode ajudar a construir uma visão panorâmica, em grande escala, dos componentes ecológicos e econômicos de um sistema específico em investigação. Eles são *macroscópicos* por representar uma visão generalizada dos principais componentes determinantes e das funções forçantes dentro de um sistema, seus inputs e outputs, e seu funcionamento dentro de um sistema maior. Eles são também chamados *minimodelos* pelo fato de agregar vários fatores e simplificar o contexto geral para identificar rapidamente certas questões básicas e definir possíveis tendências daquele sistema de acordo com as mudanças nas condições prevalecentes. A integração dos fluxos monetários dentro destes modelos permite explorar as relações fundamentais entre preços da produção vendida e bens adquiridos, no caso deste estudo, entre a taxa de extração de recursos e os impactos ambientais. O modelador procura alocar funções a componentes agregados na procura de simplificar a complexidade.

O valor geral dos modelos está no fato de que eles podem testar hipóteses, tais como verificar se um sistema fornecerá uma produção sustentável ou se ele cairá numa situação de "ascensão e queda". Eles podem ajudar em encontrar maneiras de atingir um estado mais equilibrado e sustentável, ou na simulação à resposta do sistema numa eventual queda na economia mundial. Seu grande recurso é também o de servir como ajuda visual na geração de famílias de curvas como diferentes taxas de produção, com o resto permanecendo constante.

3.4.9.2 A concepção do modelo

Um modelo, como resumo das componentes importantes de um sistema, representa uma decisão à respeito de que atividades são essenciais naquele sistema. Usando símbolos, as relações entre as fontes, as partes, estoques e produtos são graficamente definidas num diagrama. O comportamento do sistema resulta destas relações. O diagrama do sistema não é apenas uma

ferramenta visual importante que estabelece componentes, funções e conexões, mas uma relação mecânica que define relações matemáticas, produz um conjunto de equações relacionadas, escritas a partir das relações expostas, que são integradas num programa de computação. Estas equações representam mudanças em cada quantidade de estoque. Rodando este programa de simulação com os dados disponíveis, ou mesmo com dados inventados, pode-se providenciar uma indicação útil do que o sistema fará dentro de um determinado periodo de tempo.

3.4.9.3 Iteração Digital

A iteração digital é feita por cálculos sucessivos das quantidades presentes nos estoques, na medida em que eles mudam com os influxos e os escoamentos. Influxos e escoamentos são adicionados ou subtraídos a cada cálculo, a intervalos de tempo regulares. A quantidade existente de estoque é calculada incrementando-a com seus inputs ou diminuindo-a com seus escoamentos, durante um intervalo de tempo, marcando o resultado como um ponto num gráfico, ou escrito como um valor. O cálculo é então repetido para o próximo intervalo de tempo. Esta série de incrementos discretos é chamada iteração e o processo é um processo digital porque não é um processo de funções constantemente variáveis. Esta simulação digital é a avaliação sucessiva de equações diferenciais que representam o sistema.

3.4.9.4 Equações diferenciais

Na simulação de sistemas mais complexos, onde existem mais de um estoque, cada estoque é definido por uma equação de taxa de mudança com sua linha de programação. Uma equação diferencial mostra as mudanças de um sistema no tempo. Num determinado momento, as quantidades são aquelas no tempo do último cálculo mais os incrementos adicionados para o pequeno intervalo de tempo i desde o último cálculo, como em:

$$Qt + 1 = Qt + i(J - kQ) \qquad (1\text{-}1)$$

Aqui, a quantidade Q, após o próximo intervalo de tempo (t + 1), será a quantidade no tempo t mais o incremento que é a taxa de fluxo (J - kQ) vezes o intervalo de tempo decorrido i. Cálculos reiterados das equações diferenciais providenciam um cálculo continuado das quantidades presentes num estoque.

Os incrementos de mudança, ou declarações 'DQ', são calculados antes de adicionar os incrementos aos estoques. Um elemento limitante é incluído após cada declaração para uma quantidade de estoque Q, sendo que este não pode ser inferior a zero, como na equação (1-2)

$$\mathbf{IF\ Q < 0,\ THEN\ Q = 0} \qquad (1\text{-}2)$$

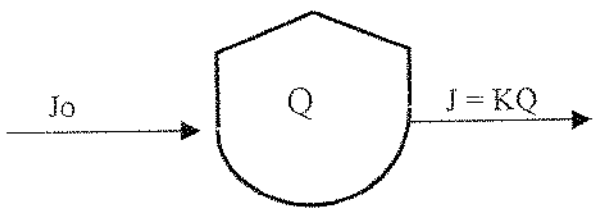
Valores para J e K e valores iniciais para T e Q são colocados dentro da alocação de memória do computador (T = 0, Q = 0, J = 1, K = 0,5 - a linguagem do computador reconhece o ponto como uma vírgula). Um valor para Q no intervalo de tempo 1 é calculado de acordo com a equação diferencial (Q t+1 = Qt + J - kQt) e o novo valor para Q substitui o valor antigo. O tempo então avança de uma unidade de tempo e o cálculo é repetido. Com cada virada iterativa, os valores de T e de Q naquele momento de tempo são marcados; K e J mantêm seus valores como constantes.

3.4.9.5 Programando em BASIC

As instruções na linguagem BASIC usam simples palavras em Inglês com linhas numeradas, pelas quais o computador programa a sequência das operações. Na instrução "plot" (marcar), a máquina gera um gráfico. A simulação pode ser rodada novamente alterando alguma propriedade como a fonte da energia, I, ou as condições iniciais de partida, Q1, resultando num novo gráfico.

3.4.9.6 Equações de taxa de mudança

Como as equações constituem uma linguagem sistêmica, elas indicam como termos separados, que representam componentes ou partes dentro de um sistema, deveriam ser combinados. A equação de taxa de mudança soma as taxas das contribuições ou subtrações de um estoque, conforme a figura a seguir:



Equação da taxa de mudança para o estoque

$$Q = Jo - KQ$$

Taxa de mudança em Q com o tempo = taxa de influxo - taxa de saída
(dependente da quantidade estocada)

Como a saída, J, depende da quantidade estocada, o fluxo pode ser representado como um produto do coeficiente de transferência e a quantidade Q:

$$Q = Jo - KQ \qquad (1\text{-}3)$$

A taxa de mudança é o equilíbrio do influxo Jo e da saída KQ, incluindo as perdas de calor do estoque e dos seus caminhos. A taxa de mudança de Q com o tempo é mostrada por um ponto em cima da letra Q: $\dot{Q}$.

"O diagrama do circuito energético mostra a relação dos estoques e dos fluxos de forma pitórica e assim representa a equação diferencial muito simplesmente e com igual rigor, com um caminho para cada termo na equação." (ODUM, 1983).

3.4.9.7 Calibração

Uma vez que os dados são disponíveis para a maioria dos componentes no modelo, os coeficientes para os diferentes caminhos são calculados. Os coeficientes indicam as taxas de fluxo ao longo dos caminhos e seus valores podem tanto ser dados observados em situações reais quanto valores inventados para testar a resposta do modelo.

A quantidade processada por unidade de tempo, ou fluxo, é expressa em números para os propósitos da calibração, e a mesma coisa se dá para as quantias dos estoques. Normalmente assume-se uma condição de equilíbrio para calibrar o modelo. Para cada caminho são escritas equações e o termo matemático para o caminho é igualado ao valor do fluxo. Os valores dos estoques substituem os símbolos matemáticos para os estoques para resolver as equações. Finalmente, uma planilha eletrônica pode ser usada para calcular os coeficientes do modelo. Assim, com qualquer mudança de valor na tabela, o programa vai recalcular qualquer coeficiente afetado pela mudança (ver Tabela 1, no Anexo 5, realizada usando o programa EXCEL 5.0).

4.0 ESTUDOS EMERGÉTICOS

4.1 Avaliação Emergética do Município de Botucatu

As contribuições dos recursos naturais e humanos foram quantificados para o Município de Botucatu usando a metodologia emergética. Os índices que expressam o grau de sustentabilidade ecológica e econômica dos atuais padrões de uso e consumo de recursos naturais, energia e serviços gerais do Município foram descritos teoricamente e calculados.

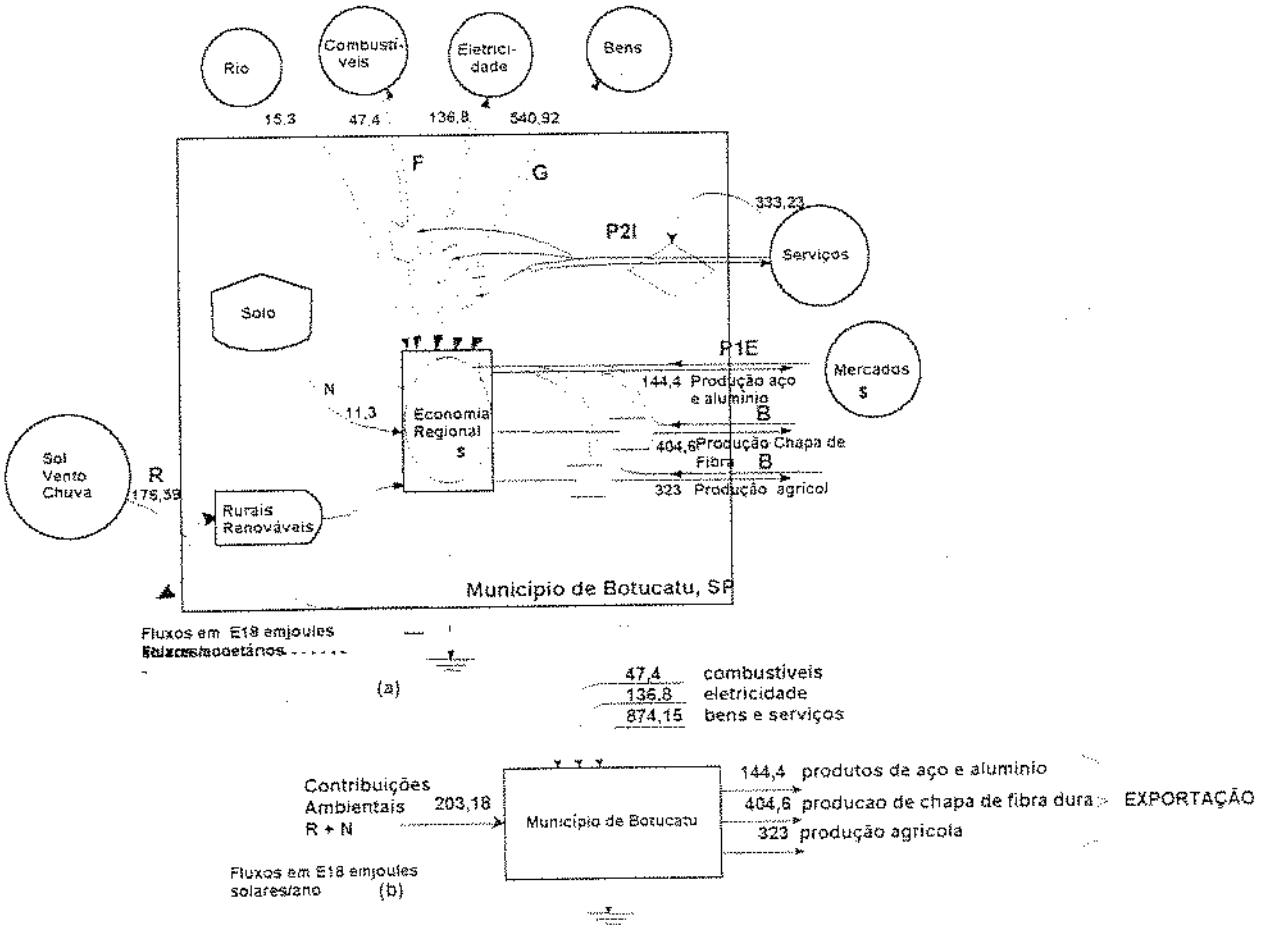


Figura 10 a) Diagrama sistêmico dos fluxos emergéticos anuais de matéria e energia para o Município de Botucatu
b) Resumo agregado da base de recursos da economia do Município.

O diagrama agregado na Figura 10 resume as contribuições do sol, da chuva, dos rios, dos processos geológicos e de bens e serviços importados de fora do Município de Botucatu e as relações internas ao Município.

A produção dentro do Município inclui sistemas de silvicultura, pastagem, hortifrutigranjeiras,

criação de gado, produção de leite e derivados, produção industrial e comércio. A indústria, principalmente a de chapas de fibra dura, utiliza os recursos naturais enquanto oferece emprego à população local e é gerenciada por ela.

A memória energética, ou emergia, e os valores em dólares emergéticos, ou 'emdólares' dos fluxos anuais de energia dentro do Município são apresentados na Tabela 3. O potencial químico da chuva e a energia geoquímica do rio são os dois recursos renováveis mais importantes (ver Figura 10, R, e Tabela 3, anotações 2 e 3, com 176,59 E18 e 13,49 E18 sej/ano respectivamente); na agricultura, a criação de gado e a silvicultura são as formas mais significativas de produção renovável.

Um recurso natural não-renovável que é crítico é a perda do solo devido ao seu uso agrícola, que tem uma altíssima taxa anual, a qual, mesmo variando com a cultura, permanece preocupante em todos os casos (11,30 E18 sej/ano, ver anotação 6, Tabela 3), principalmente pelas características geológicas deste município que favorecem o processo de erosão.

As maiores importações de emergia são os bens e os produtos de consumo e serviços (540,92 e 333,23 E18 sej/ano, Figura 10 e Tabela 3, anotações 15 e 16), seguidos pela eletricidade (136,80 E18, anotação 11), e pelos combustíveis (Diesel, gasolina e álcool, 19,03, 13,94 e 3,80 E18 sej/ano, respectivamente, ver Tabela 3, anotações 7, 8, e 9). As emergias incluídas nas estruturas municipais urbanas e rurais, como infra-estruturas gerais (estradas, ruas, sistemas de abastecimento de água e luz, esgoto e variados serviços urbanos) são associadas aos inputs de emergias adquiridas de fora do sistema, em fluxos anuais, com vida útil de 30 anos, pois já com 10-15 anos iniciam a requerer manutenção. Destas infra-estruturas, as emergias armazenadas nas construções, de 74,14 E18 sej/ano precedem as embutidas nos sistemas de estradas municipais e urbanas, com 72,04 E18 sej/ano, seguidos em importância e pelos serviços urbanos, 4,18 E18 sej/ano. Como todos estes materiais de construção são importados, seu valor é agregado no diagrama dentro da fonte 'bens' (ver Figura 10).

Tabela 3 - Avaliação Emergética do Município de Botucatu

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E18sej/ano	%
Contribuição Ambiental (I)						
1	Radiação solar (R)	J	7,49E+18	1,00E+00	7,49	**0,59**
2	Potencial químico da chuva (R)	J	1,18E+16	1,50E+04	176,59	**14,00**
3	Energia geoquímica do rio (R)	J	2,78E+14	4,85E+04	13,49	**1,07**
4	Água do Rio Pardo p/ cidade (R)	J	4,33E+13	4,11E+04	1,78	**0,14**
5	Água de irrigação p/ agricultura (R)	J	5,00E+10	2,55E+05	0,01	**0,00**
6	Perda do solo - pelo uso do solo (N)	J	1,79E+14	6,30E+04	11,30	**0,90**
	Soma das Contribuições Emergéticas Ambientais (I)				**203,17**	**16,11**
IMPORTAÇÕES (retorno - F)						
7	Diesel	J	3,59E+14	5,30E+04	19,03	**1,51**
8	Gasolina	J	2,11E+14	6,60E+04	13,94	**1,10**
9	Etanol (álcool)	J	6,34E+13	6,00E+04	3,80	**0,30**
10	Gás natural	J	2,21E+14	4,80E+04	10,61	**0,84**
11	Eletricidade	J	6,84E+14	2,00E+05	136,80	**10,84**
12	Sistema de estradas munic./urbanas	$	2,24E+07	4,82E+12	72,04	**5,71**
13	Serviços urbanos	$	8,68E+05	4,82E+12	4,18	**0,33**
14	Construções	$	1,54E+07	4,82E+12	74,14	**5,88**
15	Bens e produtos de consumo	$	8,10E+07	4,82E+12	390,56	**30,96**
16	Serviços	$	6,91E+07	4,82E+12	333,23	**26,42**
	Total Importações Do Município (F)				**1.058,33**	**83,89**
EXPORTAÇÕES (p/ Mercados Externos)						
17	Produtos agrícola	t			323,00	**25,60**
18	Produtos de chapa de fibra dura	J	1,69E+15	2,39E+05	404,56	**32,07**
19	Produtos de aço	t	1,11E+10	1,80E+09	20,00	**1,59**
20	Produtos de alumínio	t	7,78E+09	1,60E+10	124,40	**9,86**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)					**871,97**	**69,12**

Entre os produtos agrícolas exportados para fora do Município figuram principalmente a carne (160 E18 sej/ano), quase o dobro da madeira em toras (89,65 E18 sej/ano), que é quase igual à saída de couro como cortume (71,98 E18 sej/ano) e uma relativamente pequena quantidade de café (1,20 E18 sej/ano), totalizando 25,6% do total emergético em exportações, 323 E18 sej/ano (ver Figura 10, e Tabela 3, anotação 17). As indústrias que usam a produção da silvicultura de eucalipto para chapas de fibra dura (tipo Duratex e Eucatex) lideram a produção industrial, que, em termos de emergia, representa a exportação maior de bens, 404,56 E18 sej/ano (Tabela 3, anotação 18).

4.1.1 Índices emergéticos para o Município de Botucatu

A Tabela 6 resume os principais índices emergéticos para o Município de Botucatu.

Tabela 6. Índices eMergéticos para Botucatu - SP

No.	Descrição	Expressão		Quantidade
1	Fluxo de eMergia renovável	R	191,88	E18 sej/ano
2	Fluxo de reservas indígenas não-renováveis	N	11,30	E18 sej/ano
3	Fluxo de e eMergia importada	F + G + P2I	1058,33	E18 sej/ano
4	eMergia total usada, U	N + R + F + G + P2I	1261,51	E18 sej/ano
5	eMergia total exportada	B + P1E	871,97	E18 sej/ano
6	Fração de eMergia usada derivada de fontes locais	(N + R) / U	16,11	%
7	Importações menos exportações	(F + G + P2I)-(B + P1E)	186,36	E18 sej/ano
8	Razão de importações para exportações	(F + G + P2I)/(B + P1E)	1,21	
9	Fração de eMergia que está sendo exportada	(B + P1E) / U	69,12	%
10	Fração usada que é localmente renovável	R / U	15,21	%
11	Fração de eMergia usada que é comprada (importada)	(F + G + P2I) / U	83,89	%
12	Fração de serviços importados	P2I / U	26,42	%
13	Densidade eMergética	U / área	8,29E+11	sej/m²
14	Densidade emergética renovável	R / área	1,26E+11	sej/m²
15	eMergia per capita	U / (população)	1,05E+16	sej/pessoa
16	Capacid. de suporte renovável no presente nível de vida	(R / U)(população)	182.520	pessoas
17	Capacidade de suporte desenvolvida no pres.nível de vida	8 (R / U)(população)	1.460.161	pessoas
18	Uso de combustíveis por pessoa	combustível / população	3,95E+14	sej/pessoa
19	Razão de Carga Ambiental	(N + F + G + P2I) / R	5,57	
20	Razão Investimento por eMergia	F / (R + N)	1,65	1,65 / 1

16,11% da emergia usada é derivada de fontes locais, sendo gratuita (N + R), na Figura 10; [N + R] / U, na Tabela 6, linha 6), o total das emergias importadas (Figura 10, F + G + P21) sendo de 1058,33 E18 sej/ano (Tabela 6, linha 3). 69,12% de toda emergia usada, U, está sendo exportada ([B + P1E]/U, Tabela 6, linha 9) e usa-se apenas 15,21% de emergia renovável (R / U, linha 10).

A fração de serviços importados (P21 / U) é de 26,42% (Tabela 6, linha 12). A densidade emergética é de 8,29 E11 sej/m^2 (linha 13), 2,54 vezes maior da do Brasil como um todo (3,26 E11 sej/m^2, COMAR, 1994 e 3,29 E11 sej/m^2, COELHO, COMAR e ORTEGA, 1998). Isto define o Município de Botucatu como usando 2 vezes e meio mais emergia que a média nacional por metro quadrado. A densidade emergética renovável, útil para considerações de capacidade de suporte, é de 1,26 E11 sej/m^2 (linha 14).

A emergia per capita é 0,55 vezes menor da do Brasil como um todo (1,05 E16 sej/pessoa, linha 15, contra 1,91 E16 sej/pessoa, COMAR, 1994, e 1,82 E16 sej/pessoa, COELHO, COMAR e ORTEGA, 1998). A Capacidade de Suporte Renovável no presente nível de vida, ou

seja, o número de pessoas que a região pode suportar no presente nível de vida apenas pelo uso de suas fontes renováveis de energia é de 18.252 pessoas (Tabela 6, linha 16), ou seja, a atual população de 120.000 está sendo subsidiada em 84,79% pelas emergias não-renováveis, a grande maioria importadas de fora do município. Como já discutido na metodologia,), existe uma proporção fixa de 1 para 8 entre R e N. Ou seja, há um padrão recorrente no uso proporcional de recursos renováveis e não renováveis. Isto determina, dentro deste padrão, que há uma capacidade de suporte extendida no presente nível de vida 8 vezes maior. Quer dizer que o sistema, como ele está atualmente se comportando, poderá absorver 8 vezes a população sustentada apenas pelos recursos renováveis. No caso específico do município de Botucatu, apenas 18.252 pessoas poderiam ser mantidas pelos recursos renováveis, mas o sistema poderia comportar até 146.016 pessoas , mantendo, porém, o mesmo nível de vida, (Tabela 6, linha 17). Este número de pessoas é apenas 26.000 abaixo da presente população municipal, identificando Botucatu como um município bastante desenvolvido pelos padrões brasileiros.

O uso de combustíveis por pessoa é 0,7 vezes o do Brasil como um todo (3,95 E14 sej/pessoa, linha 18, contra 5,61 E14 sej/pessoa, COMAR, 1994), ou seja, a média nacional de consumo individual é 30% maior.

A Razão de Carga Ambiental, ou seja a razão entre a soma das emergias naturais não-renováveis (N) e das emergias importadas (F + G + P21) dividida pelo fluxo anual de emergia renovável usada (R), é de 5,57, linha 19, 50 vezes maior da do Brasil como um todo (0,11, COMAR, 1994), ou seja, o território nacional , como um todo, tem uma carga ambiental 50 vezes inferior à do Município, isto é principalmente devido à grande extensão da região amazônica, com baixíssima densidade populacional e pouco desenvolvida. A maior Razão de Investimento por Emergia (F / [R + N]) implica numa maior intensidade de desenvolvimento. Esta razão é de 1,65 para Botucatu, linha 20, que é 26 vezes maior à do Brasil como um todo (0,064, COMAR, 1994), implicando num elevado grau de desenvolvimento para o município quando comparado com o território nacional. Deve-se lembrar, novamente, que a maior parte do Brasil é representada por grandes extensões de áreas ainda intocadas e sem direta, ou significativa, intervenção humana.

Tabela 5. Comparação dos principais Índices eMergéticos do Município de Botucatu com os de Costa Rica, Brasil, México e Estados Unidos.

ÍNDICE	Botucatu	Costa Rica	Brasil	México	EUA
Uso Total de Emergia, U (E18 sej/ano)=N+R+F+G+P21	1 261	230 000	2 775 500	610 000	6 640 000
% Emergia Renovável R / U	0.15	0.58	0.89	0,2	0.12
Área (E9 m²)	1.52	51.09	8510	1960	9400
Emergia por Capita U / população (E15 sej/pess.*ano)	10.5	8.4	3.4	8.5	29.2
Razão de Carga Ambiental	5.57	0.8	0.106	2.1	7.2
Exportações / Importações	0.82	0.9	2.66	1.6	0.6

Na Tabela 5 comparam-se os principais índices emergéticos do Município com os de algumas nações. A porcentagem de Emergia Renovável da emergia total usada, R / U, é de 15,21%, entre a dos Estados Unidos e do México. A Emergia por Capita, emergia total usada dividida pela população, U / população, é superior à do México e Costa Rica, cerca de um terço da dos Estados Unidos e 3 vezes maior da do Brasil como um todo. A Razão de Carga Ambiental é cerca de 40% inferior à dos Estados Unidos e a razão entre Exportações e Importações lhe é 27% inferior.

4.1.2 Outros Índices emergéticos para Botucatu

A Razão de Investimento por Emergia do Município, ou seja, a razão da emergia investida pelas atividades humanas pela emergia residente dentro da economia municipal, é definida pela equação:

$$IR = F / (R + N) \qquad (1)$$

onde: IR = Investment Ratio (Razão de Investimento por emergia)
F = emergias contribuídas pelos investimentos humanos
R = emergias contribuídas pelos recursos naturais renováveis
N = emergias oriundas de fontes não-renováveis.

Pela Figura 10, os valores agregados de F, R e N são: 1058,33 E18 sej/ano para F (somando as importações de combustíveis, eletricidade e bens e serviços, F, G e P21, todos representando o F da equação 1), 176,59 E18 sej/ano para R e, para N (perda de solo pelo seu uso agrícola) de 11,3 E18 sej/ano. Assim,

$$IR_{Botucatu} = 1,65 \qquad (2)$$

o que denota que o investimento de emergias humanas é 1,65 vezes maior do que está sendo contribuído pelos recursos naturais aos sistemas de produção do Município. Esta razão torna-se importante quando comparada às mesmas razões dos processos e produtos individuais, como a produção de leite e de produtos agrícolas e industriais.

A *Razão de Carga Ambiental* do Município é uma medida do estresse potencial ao ambiente, sendo uma razão entre as emergias não-renováveis às renováveis (advindas totalmente da contribuição ambiental), assim que:

$$\begin{aligned} \mathbf{ELR_{Botucatu}} &= \mathbf{(F + N) / R} \\ &= (184{,}2 + 11{,}3)\ \text{E18 sej/ano} / 176{,}59\ \text{E18 sej/ano} \\ &= 5{,}57 \end{aligned} \qquad (3)$$

o que implica nas emergias não-renováveis serem 5,57 vezes maiores das renováveis, tendo o Município uma Razão de Carga Ambiental 5 vezes maior da média brasileira (1,11, COMAR, 1994; 1,06, ODUM, 1984), o que o coloca numa categoria de município relativamente mais desenvolvido.

A *Razão de Produção* (**YR** - *Yield* Ratio) do Município define-se pela razão entre as emergias produzidas e as investidas pelas atividades e contribuições humanas, assim:

$$\begin{aligned} \mathrm{YR_{Botucatu}} &= \mathbf{Y / (F + G + P21)} \\ &= 871{,}97\ \text{E18 sej/ano} / 1058{,}33\ \text{E18 sej/ano} \\ &= 0{,}82 \end{aligned} \qquad (4)$$

Isto significa que o município está numa posição de desequilíbrio (um estado estacionário seria representado pela fração 1/1), na relação do que ele absorve para aquilo que ele produz, sendo de alguma forma subsidiado pelo restante da economia nacional em 18% de emergia.

Esta razão torna-se uma referência para processos de produção locais e sua eficiência

4.2 Avaliação Emergética do Município de Pardinho

O município de Pardinho, com aproximadamente 200 km^2, é relativamente pequeno para a região, com 3500 pessoas na área urbana e 2500 na área rural. Produz principalmente leite (6790 toneladas por ano), café (264,5 t/ano) e soja (300 t/ano), e tem duas fábricas de produtos em aço: máquinas e implementos agrícolas e autopeças.

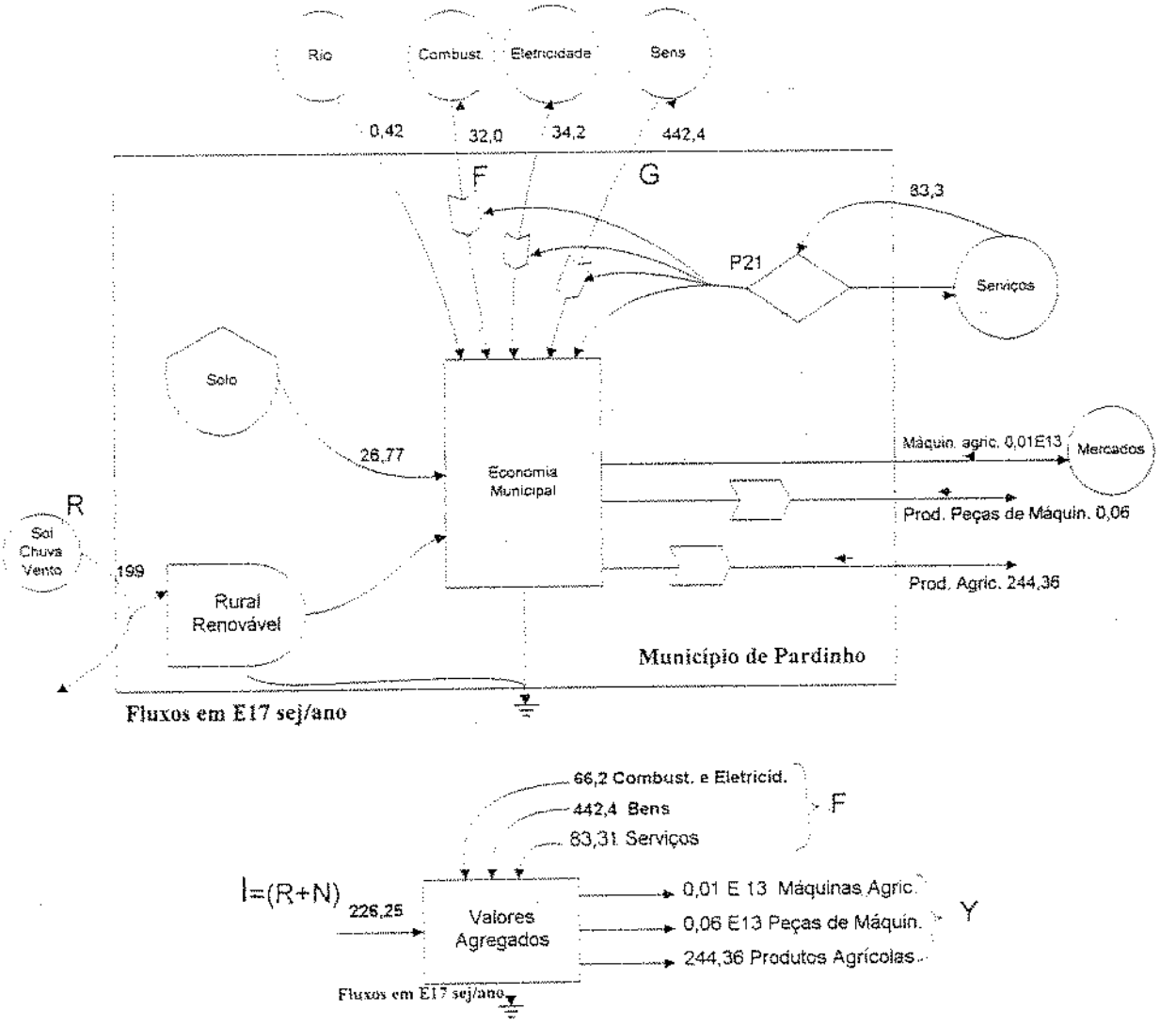


Figura 11 - Diagrama Emergético do Município de Pardinho.

Seu diagrama emergético, onde estão indicados os resultados da avaliação emergética (Figura 11), mostra que o maior peso da economia municipal está relacionado à malha viária urbana, à infra-estrutura urbana e aos serviços e construções, ou seja, sua *Infra-estrutura Municipal* (323,05 E17 sej/ano, Tabela 6, linha 10). O segundo fluxo emergético mais expressivo é o da

contribuição ambiental, somando 226,25 E17 sej/ano. Finalmente, os bens comprados externamente ao município, 97,64 E17 sej/ano, e serviços, 83,31 E17 sej/ano, são seguidos pela eletricidade e pelos combustíveis (34,2 e 32 E17 sej/ano). A exportação de produtos agrícolas totaliza 244,36 E17 sej/ano, correspondendo a 30% de todo balanço emergético.

Tabela 6 Avaliação emergética do Município de Pardinho

Anot.	Item	Unidade / ano		Transformidade sej/unidade	Emergia Solar E17 sej / ano	%
Contribuição ambiental (I)						
1	Radiação solar (R)	J	9,85E+17	1,00E+00	9,85	1,20
2	Potencial químico da chuva (R)	J	1,33E+15	1,50E+04	199,05	24,33
3	Água retirada do rio (R)	J	1,03E+12	4,11E+04	0,42	0,05
4	Perda de solo (N)	J	4,25E+13	6,30E+04	26,77	3,27
	Soma da contribuições ambientais (I)				**226,25**	27,65
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
5	Diesel	J	2,11E+13	5,30E+04	11,19	1,37
6	Gasolina	J	1,58E+13	6,60E+04	10,45	1,28
7	Etanol (álcool)	J	7,92E+12	6,00E+04	4,75	0,58
8	Gas natural	J	1,16E+13	4,80E+04	5,57	0,68
9	Eletricidade	J	1,71E+13	2,00E+05	34,20	4,18
10	Estradas municip.e urbanas	$	6,70E+06	4,82E+12	323,05	39,49
11	Infra-estrutura urbana	$	2,23E+04	4,82E+12	1,08	0,13
12	Construções	$	4,28E+05	4,82E+12	20,64	2,52
13	Bens e produtos consumidos	$	2,03E+06	4,82E+12	97,64	11,93
14	Serviços	$	1,73E+06	4,82E+12	83,31	10,18
	Total das Importações Municipais (F)				**753,40**	72,35
Exportações (para mercados externos)						
15	Produtos agrícolas	t	-	-	244,36	28,87
16	Produtos de aço	t	3,20E+01	1,80E+09	0,01 E13	0,00
17	Produtos de aço (manufatura)	t	3,60E+00	1,60E+10	0,06 E13	0,01
Processos Produtivos (Y)					**244,43**	29,88

A Tabela 7 apresenta vários índices emergéticos, onde a Razão de Carga Ambiental é de 3,10 e a Razão de Investimento por Emergia é de 1,82 (linha 22).

Tabela 7. Índices emergéticos para Pardinho. SP.

No.	Descrição	Expressão	Quantidade	
1	Fluxo de emergia renovável	R	173,50	E17 sej/ano
2	Fluxo de reservas indígenas não-renováveis	N	550,71	E17 sej/ano
3	Fluxo de e emergia importada	F + G + P2I	247,12	E17 sej/ano
5	Emergia total usada. U	N + R + F + G + P2I	971,32	E17 sej/ano
6	Emergia total exportada	B + P1E	244,36	E17 sej/ano
7	Fração de emergia usada de fontes locais	(N + R) / U	74,56	%
8	Importações menos exportações	(F + G + P2I)-(B + P1E)	2,75	E17 sej/ano
9	Razão de importações para exportações	(F + G + P2I)/(B + P1E)	1,01	
10	Fração de emergia que está sendo exportada	(B + P1E) / U	25,16	%
11	Fração usada que é localmente renovável	R / U	17,86	%
12	Fração de emergia usada que é importada	(F + G + P2I) / U	25,44	%
13	Fração de serviços importados	P2I / U	8,58	%
14	Fração do uso que é gratuita	(R + N) / U	74,56	%
15	Densidade emergética	U / área	4,86E+11	sej/m²
16	Emergia per capita	U / (população)	1,62E+16	sej/pessoa
17	Capacidade de suporte renovável no presente nível de vida	(R / U)(população)	1,07E+03	pessoas
18	Capacidade de suporte desenvolvida no presente nível de vida	8R / (U / população)	4,80E+04	pessoas
20	Uso de combustíveis por pessoa	combustível / população	3,95E+14	sej/pessoa
21	Razão de Carga Ambiental	(N + F + G + P2I) / R	3,10	3,1 / 1
22	Razão Investimento por Emergia	F / (R + N)	1,22	

Em termos práticos, isto significa que todas as fazendas, como sub-sistemas produtivos inseridos dentro do maior sistema dos confins municipais, poderia investir mais em suas estruturas chegando a igualar a Razão de Investimento por Emergia do Município.

Tabela 8. Comparação dos principais Índices eMergéticos do Município de Botucatu com os de Pardinho. Brasil. México e Estados Unidos.

ÍNDICE	Botucatu	Pardinho	Brasil	México	EUA
Uso Total de Emergia. U (E18 sej/ano)=N+R+F+G+P2I	1 261	81,81	2 775 500	610 000	6 640 000
% Emergia Renovável R / U	0,15	0,24	0,89	0,2	0,12
Área (E9 m²)	1,52	0,2	8510	1960	9400
Emergia por Capita U / população (E15 sej/pess.*ano)	10,5	13,6	3,4	8,5	29,2
Razão de Carga Ambiental	5,57	3,10	0,106	2,1	7,2
Exportações / Importações	0,82	0,41	2,66	1,6	0,6

Comparando os dois municípios e referenciando-os com o Brasil, o México e os Estados Unidos (Tabela 8), verifica-se que Pardinho usa 9% a mais de emergias vindo de fontes renováveis do que Botucatu, o que lhe determina uma menor Razão de Carga Ambiental de 3,10, contra 5,57. Ou seja, há menor impacto ambiental neste município (isto não contabiliza danos ambientais que podem ser causados por agrotóxicos, perda de biodiversisdade, ou outros processos discutidos na metodologia). Pardinho é porém mais dependente de importações do que Botucatu.

4.3 *Avaliações emergéticas de 11 fazendas no município de Pardinho*

4.3.1 Fazenda Água Santa

Esta fazenda de 387,2 hectares é considerada grande para região, onde o padrão de fazendas é de 50 hectares ou menos. É uma unidade de produção de leite com um estoque médio de cabeças de gado que varia ao redor de 320 unidades. O gado é deixado no pasto de 190 hectares a maioria do tempo, com um tempo de alimentação regular de ração, composta principalmente de milho verde, produzido pela fazenda numa área de 125 hectares. Existe uma área de 25 hectares de remanescentes florestais que é deixada como zona tampão para área ribeirinha. Infelizmente, não está dentro do escopo deste estudo de avaliar e quantificar a quantidade de serviços ecológicos que estes remanescentes estão oferecendo à unidade de produção, o que implicaria num projeto de pesquisa em si mesmo.

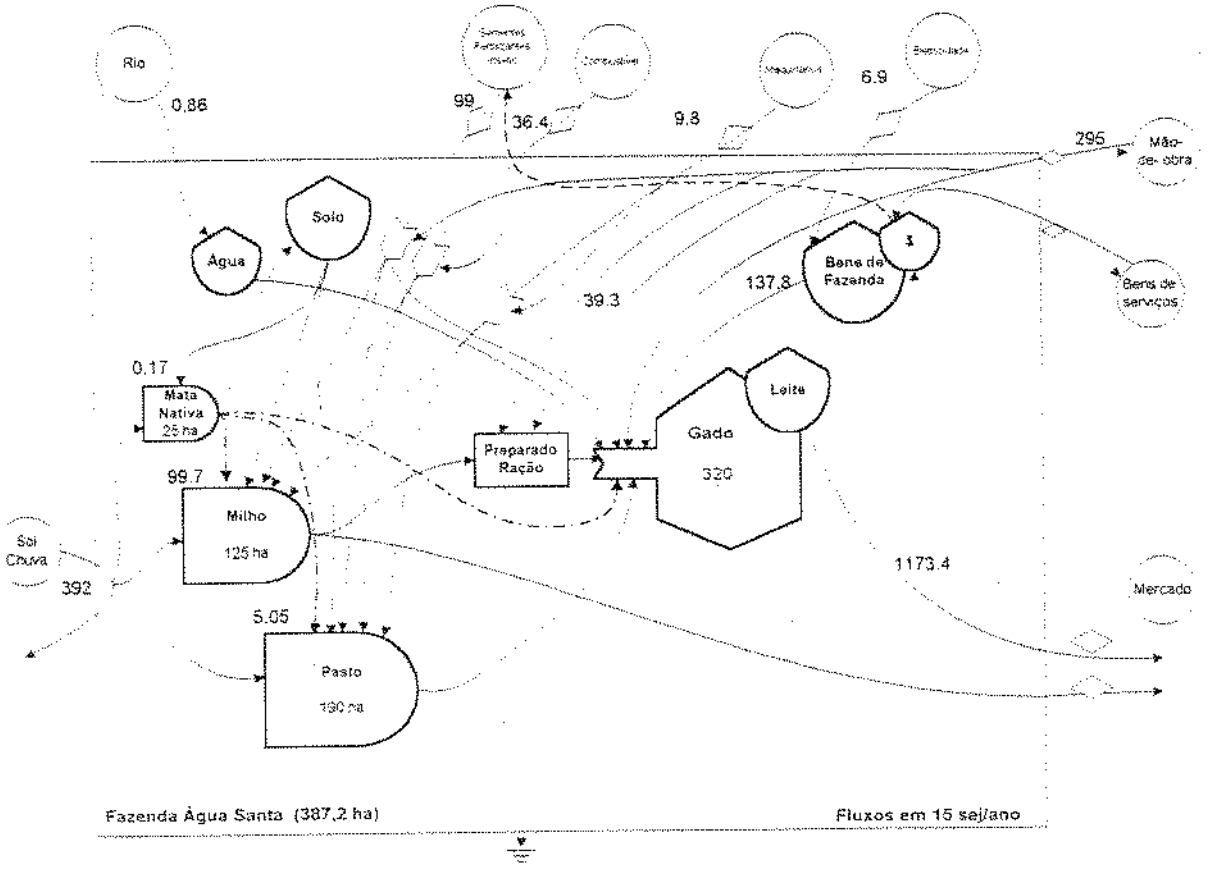


Figura 12 – Digrama sistêmico da Fazenda Água Santa (Fluxos emergéticos em E15 sej/ano).

A Figura 12 mostra os 3 processos produtivos envolvidos (simbolo com formato de unha),

essencialmente de produção de biomassa vegetal: a) vegetação florestal remanescente, b) cultura do milho, c) pastos; sua relação com a produção de leite, onde o gado assume o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estoca o leite (símbolo de tanque arredondado); os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita do gado); fontes de energia ambiental externas (representadas por círculos) de tipo renovável e contribuições humanas ao processo de produção. A importantíssima contribuição do solo, estoque ao lado da água, registra principalmente a quantidade perdida pelo processo de interperização da cultura, ou função, a ele atribuída. A água é principalmente usada para o gado. O processo da preparação da ração é representado por uma pequena caixa central, que recebe biomassa vegetal, trabalho humano e outros inputs e alimenta o gado.

É preciso esclarecer que o diagrama sistêmico registra apenas os mais importantes fatores presentes num sistema observado, que são passíveis de quantificação dentro de uma avaliação emergética, pressupondo que, embutidos nela, encontram-se todas as retroalimentações dos sistemas complexos.

A Tabela 9 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 12. A facilidade de visualizar-se quais das contribuições, tanto humano ou ambientais são maiores, permite avaliar e planejar cenários futuros menos ambientalmente estressantes, uma vez em que a importância relativa das contribuições está quantificada. Também, quando o devido peso está sendo atribuído aos recursos ambientais, os produtos resultantes recebem um valor mais aproximado à sua função real.

Aqui, o potencial químico da chuva e a contribuição da mão-de-obra são de longe as maiores, quase equivalentes, com respetivamente, 392,04 E15 sej/ano e 294,89 E15 sej/ano. Seguem em importância os bens acumulados da fazenda, perfazendo um fluxo anual de 137,84 E15 sej/ano. A perda de solo, relativa a cada uso ou cultura, próxima em valor emergético expendido, de 104,87 E15 sej/ano, é ironicamente igual, 99,7 E15 sej/ano, no milho, aos insumos usados de sementes, fertilizantes e inseticidas para esta mesma cultura, 99,3 E15 sej/ano. A quantidade total de perda de solo foi calculada multiplicando as áreas dos diferentes usos da terra pelo valor médio correspondente de perda anual de solo para o Estado de São Paulo (F.Lombardi, Instituto Agronômico de Campinas, 1997, comunicação pessoal).

Estes resultados são graficamente expressos na Figura 12.

Tabela 9 Avaliação Emergética do Sistema de Produção da Fazenda Água Santa

Fazenda Água Santa (387,20 ha) - Município de Pardinho - SP

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	2,61E+13	1,50E+04	392,04	33,41
2	Perda de solo no seu uso	J	1,66E+12	6,30E+04	104,87	8,94
3	Água captada do rio	J	2,09E+10	4,11E+04	0,86	0,07
	Soma das Contribuições Emergéticas Ambientais (I)				**497,77**	**42,42**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Sementes	$	7,80E+03	4,82E+12	37,60	3,20
5	Adubação química	$	7,70E+03	4,82E+12	37,11	3,16
6	Inseticida	$	7,68E+02	4,82E+12	3,70	0,32
7	Herbicida	$	4,34E+03	4,82E+12	20,91	1,78
8	Combustíveis	J	6,86E+11	5,30E+04	36,36	3,10
9	Eletricidade	$	1,43E+03	4,82E+12	6,88	0,59
10	Maquinários	g	1,46E+06	6,70E+09	9,78	0,83
11	Mão-de-obra	$	6,12E+04	4,82E+12	294,98	25,14
12	Bens e serviços comprados	$	1,06E+04	4,82E+12	51,13	4,36
13	Bens e serviços da fazenda	$	2,86E+04	4,82E+12	137,84	11,75
14	Trato do Gado	$	8,16E+03	4,82E+12	39,33	3,35
	Total Contribuição Humana (F)				**675,63**	**57,58**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
15	Produção de Leite	J	5,40E+11	2,17E+06	1173,40	

RAZÕES

Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,737**
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =	**1,987**
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =	**0,874**
Transformidade Leite=(I + F)/Y=(497,8+675,6) E15 sej/ano/5,4 E11 J =	**2,17E+06**

É importante notar o fluxo de emergia do leite vendido, de 1173,4 E15 sej/ano, que, por acumular a emergia de todos os fatores incidentes na sua produção, é sua simples soma emergética. Esta questão torna-se fundamental mais adiante, quando, considerando a quantidade de emergia produzida e exportada pelo sistema na forma de venda da produção de leite para o mercado, registramos um valor muito inferior no equivalente emergético do dinheiro pago pelo leite, ou seja, produze-se muito mais do que se recebe pelo produto, empobrecendo o capital natural existente, sem ter como repô-lo adequadamente.

4.3.2 *Chácara Livramento*

De 48,4 hectares a Chácara Livramento é considerada padrão para região. É uma unidade de produção de leite com um estoque médio de 40 cabeças de gado, cultivando também 4 hectares de café para comercialização. Nesta fazenda também o gado é deixado no pasto de 41,14 hectares a maioria do tempo, com um tempo de alimentação regular de ração, composta principalmente de milho verde, produzido pela fazenda numa pequena área de 1,21 hectares.

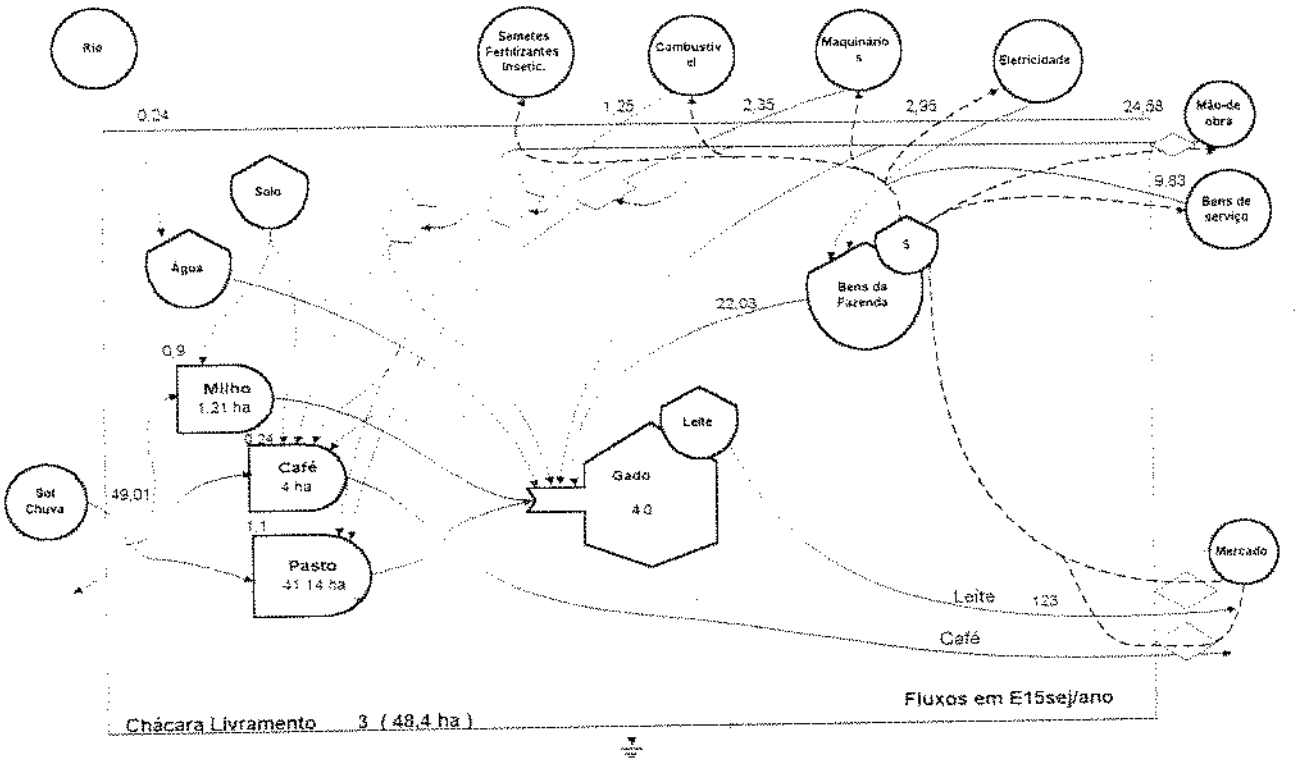


Figura 13.– Digrama sistêmico da Chácara Livramento (Fluxos emergéticos em E15 sej/ano).

Figura 13 mostra os três processos produtivos envolvidos, geradores de biomassa vegetal, (símbolo com formato de unha): a) cultura do milho, b) pasto e c) café; sua relação com a produção de leite, onde o gado assume o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estoca o leite (símbolo de tanque arredondado); os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita do gado); fontes de energia ambiental externas (representadas por círculos) de tipo renovável e contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 10 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 13.

Tabela.10 Avaliação Emergética Do Sistema De Produção Da Chácara Livramento

Chácara Livramento (48,4 ha) - Município de Pardinho - SP

Anot	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	3,27E+12	1,50E+04	49,01	39,84
2	Perda de solo no seu uso	J	3,65E+10	6,30E+04	2,30	1,87
3	Água captada do rio	J	5,77E+09	4,11E+04	0,24	0,19
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**51,54**	**41,90**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Sementes	$	7,55E+01	4,82E+12	0,36	0,30
5	Adubação química	$	2,68E+02	4,82E+12	1,29	1,05
6	Herbicida	$	3,62E+01	4,82E+12	0,17	0,14
7	Combustíveis	J	2,35E+10	5,30E+04	1,25	1,01
8	Eletricidade	$	6,12E+02	4,82E+12	2,95	2,40
9	Maquinários	g	3,50E+05	6,70E+09	2,35	1,91
10	Mão-de-obra	$	5,10E+03	4,82E+12	24,58	19,99
11	Bens e serviços comprados	$	2,04E+03	4,82E+12	9,83	7,99
12	Bens e serviços da fazenda	$	4,57E+03	4,82E+12	22,03	17,91
13	Trato do Gado	$	1,38E+03	4,82E+12	6,64	5,40
	Total contribuição humana (F)				**71,46**	**58,10**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
14	Produção de Milho	J	7,03E+10	1,75E+06	123,00	
15	Produção de Leite	J	5,48E+10	2,25E+06	123,00	
16	Produção de Café	J	3,62E+10	3,40E+06	123,00	

RAZÕES

Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,721**	
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =	**1,498**	
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =	**1,149**	
Transformidade Leite =(I + F) / Y=(51,54+71,46) E15 sej/ano / 5,48E10 J =	**3,40E+06**	**sej / J**

Aqui, o potencial químico da chuva é de longe a maior contribuição, com 49,01 E15 sej/ano, seguida pela da mão-de-obra 24,58 E15 sej/ano. Seguem em importância os bens acumulados da fazenda, perfazendo um fluxo anual de 22,03 E15 sej/ano. Bens e serviços comprados são os próximos com maior valor emergético, 9,83 E15 sej/ano, seguidos pelo investimento no trato do gado, 6,64 E15 sej/ano. A eletricidade, 2,95 E15 sej/ano, os uso de maquinários agrícolas, 2,35 E15 sej/ano estão muito prõximos à perda de solo, relativa a cada uso ou cultura, de 2,30 E15 sej/ano. Finalmente adubação química, sementes e herbicida fecham o balanço com respetivamente, 1,29 E15 sej/ano, 0,36 E15 sej/ano e 0,17 E15 sej/ano. Estes resultados são graficamente expressos na Figura 13. É importante notar o fluxo de emergia do leite vendido, de 123 E15 sej/ano, que, por acumular a emergia de todos os fatores incidentes na sua produção, é sua simples soma emergética.

4.3.3 Chácara Mariana

De 24,2 hectares, a Chácara Mariana é uma unidade de pequena produção de carne bovina com um estoque médio de 17 cabeças de gado, que diversifica suas atividades com uma pequena produção de carne suína (15 animais) e adestramento de cavalos para corridas, com cerca de 5 cavalos sendo treinados na média por mês. Nesta fazenda também o gado é deixado no pasto de 23 hectares a maioria do tempo.

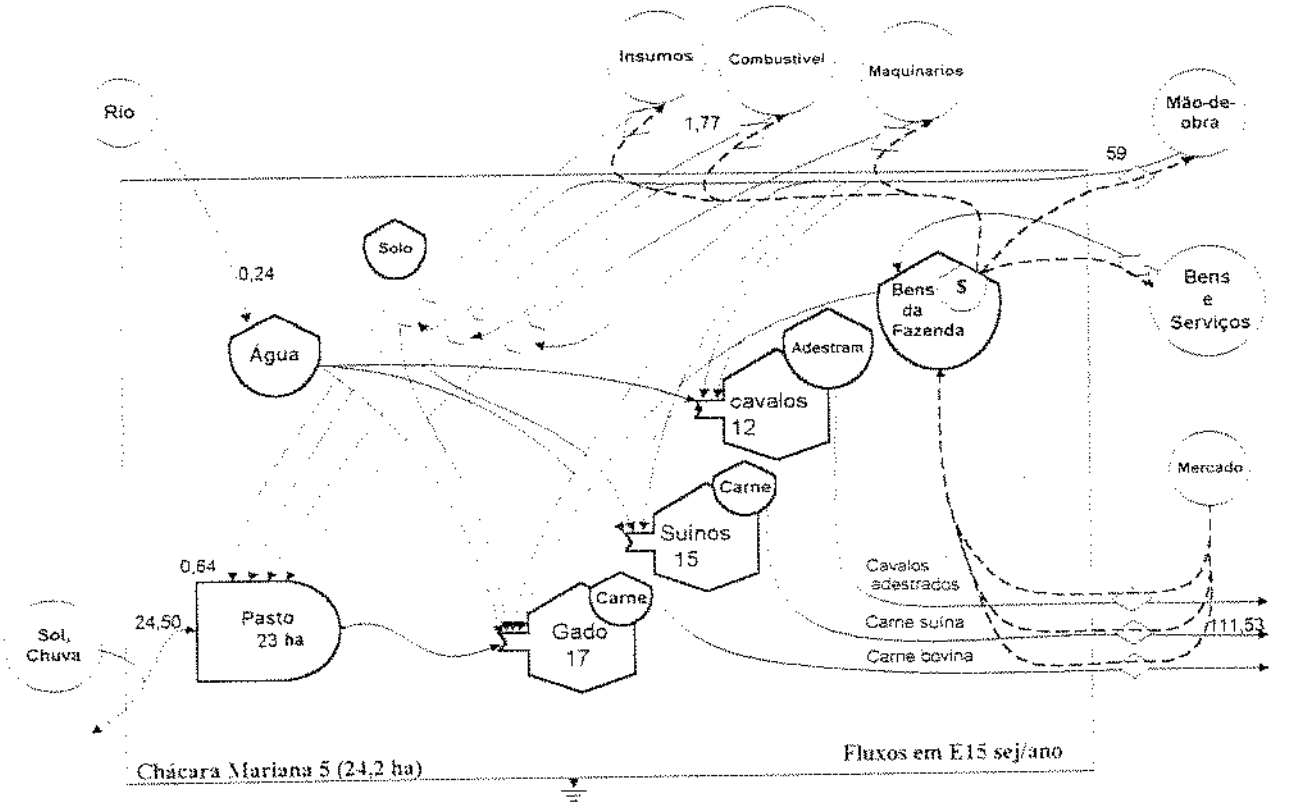


Figura 14 .-Diagrama sistêmico da Chácara Mariana (Fluxos emergético em E15 sej/ano).

Figura 14 mostra o pasto como o único processo de produção de biomassa envolvido (símbolo com formato de unha), sua relação com a produção de carne bovina e suína, onde o gado e os suínos assumem o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estocam a carne (símbolo de tanque arredondado), e sua função de alimento para os cavalos. Os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita do gado) são usados apoiando os três processos consumidores; fontes de energia ambiental externas (representadas por círculos) de tipo renovável e contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 11 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 14.

Tabela.11. Avaliação Emergética Do Sistema De Produção da Chácara Mariana

Chácara Mariana (24,2 ha) - Município de Pardinho - SP

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	Emergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	1,63E+12	1,50E+04	24,50	21,97
2	Perda de solo no seu uso	J	1,03E+10	6,30E+04	0,65	0,58
3	Água captada do rio	J	4,90E+09	4,11E+04	0,20	0,18
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**25,35**	**22,73**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Eletricidade	$	3,67E+02	4,82E+12	1,77	1,59
5	Mão-de-obra	$	1,22E+04	4,82E+12	59,00	52,90
6	Bens e serviços da fazenda	$	2,38E+03	4,82E+12	11,45	10,27
7	Trato do Gado	$	2,90E+03	4,82E+12	13,96	12,52
	Total contribuição humana (F)				**86,18**	**77,27**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
8	Produção de Carne Bovina	J	7,06E+10	1,58E+06	111,53	
9	Produção de Carne Suína	J	1,47E+10	7,61E+06	111,53	
10	Adestramento de Cavalos	$	3,90E+03	2,86E+13	111,53	
RAZÕES						
Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =					**1,294**	
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =					**3,515**	
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =					**0,368**	
Transformidade Carne Bovina=(I + F)/Y= (25,35+86,18)E15 sej/ano / 7,06 E10 J =					**1,58E+06 sej / J**	

Aqui, a mão-de-obra 59 E15 sej/ano é de longe a maior contribuição, seguida pelo potencial químico da chuva com 24,50 E15 sej/ano. Seguem em importância o trato do gado, 13,96 E15 sej/ano, os bens acumulados da fazenda, com um fluxo anual de 11,45 E15 sej/ano. A eletricidade, 1,77 E15 sej/ano, é o próximo valor emergético, seguida ela perda de solo de 0,65 E15 sej/ano. Estes resultados são graficamente expressos na Figura 14.

4.3.4 Sitio Maria Branca

Com 48,4 hectares, o Sítio Maria Branca é considerado propriedade padrão para região. É uma unidade de pequena produção de carne bovina com um estoque médio de 60 cabeças de gado, que diversifica suas atividades com uma pequena produção de carne suína (12 animais). Nesta fazenda também o gado é deixado no pasto de 36,3 hectares a maioria do tempo com alimentação regular de ração, composta principalmente de milho verde, produzido pela fazenda numa área de 1,2 hectares.

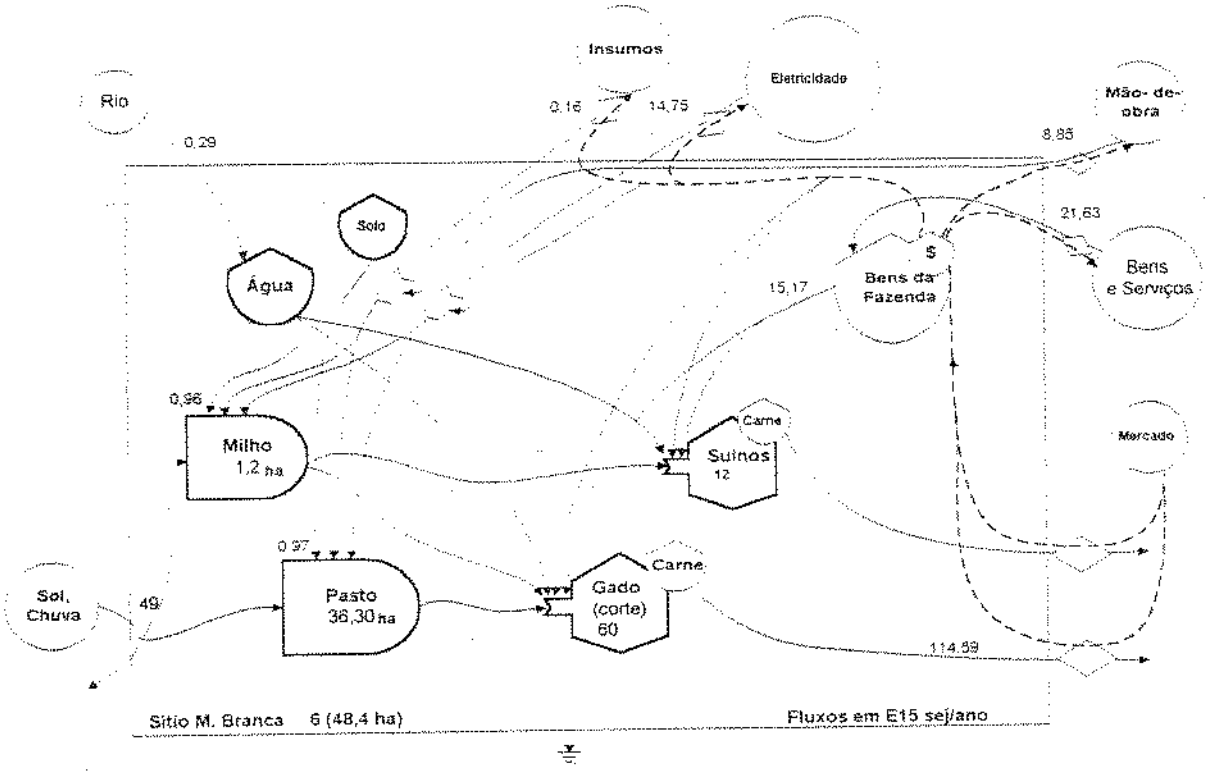


Figura 15.– Digrama sistêmico do Sítio Maria Branca (Fluxos emergéticos em E15 sej/ano).

A Figura 15 mostra os dois processos produtivos envolvidos, geradores de biomassa vegetal, (símbolo com formato de unha): a) cultura do milho e, b) pasto; sua relação com a produção de leite, com a produção de carne bovina e suína, onde o gado e os suínos assumem o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estocam a carne (símbolo de tanque arredondado). Os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita dos suínos) são usados apoiando os dois processos consumidores; fontes renováveis de energia ambiental são representadas por círculos externos aos limites do sistema, juntamente às contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 12 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das

fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 15.

Tabela.12 Avaliação Emergética Do Sistema De Produção do Sítio Maria Branca

Sitio Maria Branca (48,40 ha), Município de Pardinho - SP

Anot	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	3,27E+12	1,50E+04	49,01	42,77
2	Perda de solo no seu uso	J	3,07E+10	6,30E+04	1,94	1,69
3	Água captada do rio	J	7,07E+09	4,11E+04	0,29	0,25
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**51,23**	**44,71**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Adubação química	$	3,22E+01	4,82E+12	0,16	0,14
5	Eletricidade	$	3,06E+03	4,82E+12	14,75	12,87
6	Mão-de-obra	$	1,84E+03	4,82E+12	8,85	7,72
7	Bens e serviços comprados	$	4,49E+03	4,82E+12	21,63	18,88
8	Bens e serviços da fazenda	$	3,15E+03	4,82E+12	15,17	13,24
9	Trato do Gado	$	6,12E+02	4,82E+12	2,95	2,57
	Total contribuição humana (F)				**63,36**	**55,29**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
10	Produção de Carne Bovina	J	8,48E+10	1,35E+06	114,59	
11	Produção de Carne Suína	J	1,94E+10	5,91E+06	114,59	

RAZÕES

Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,809**	
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =	**1,324**	
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =	**1,366**	
Transformidade Carne Bovina =(I + F)/ Y=(51,2+63,4)E15 sej/ano / 8,48 E10 J =	**1,35E+06**	**sej / J**

Aqui, o potencial químico da chuva é de longe a maior contribuição, com 49,01 E15 sej/ano, seguida pelos bens e serviços comprados com 21,63 E15 sej/ano. Os bens acumulados da fazenda, com um fluxo anual de 15,17 E15 sej/ano, vêm em seguida. A eletricidade, 14,75 E15 sej/ano, é o próximo valor emergético e é relativamente alta. 24,50 E15 sej/ano. Seguem em importância a mão-de-obra, 8,85 E15 sej/ano, seguida pelo trato do gado, 2,95 E15 sej/ano e pela perda de solo de 1,94 E15 sej/ano. Estes resultados são graficamente expressos na Figura 15.

4.3.5 Chácara Moraes

De 38,72 hectares, o Chácara Moraes é também considerada de tamanho padrão para região. É uma unidade de pequena produção de leite com um estoque médio de 20 cabeças de gado, que diversifica suas atividades com uma pequena produção de carne suína (15 animais). Nesta fazenda também o gado é deixado no pasto de 29,04 hectares a maioria do tempo com alimentação regular de ração, composta principalmente de milho verde, produzido pela fazenda numa área de 3,63 hectares.

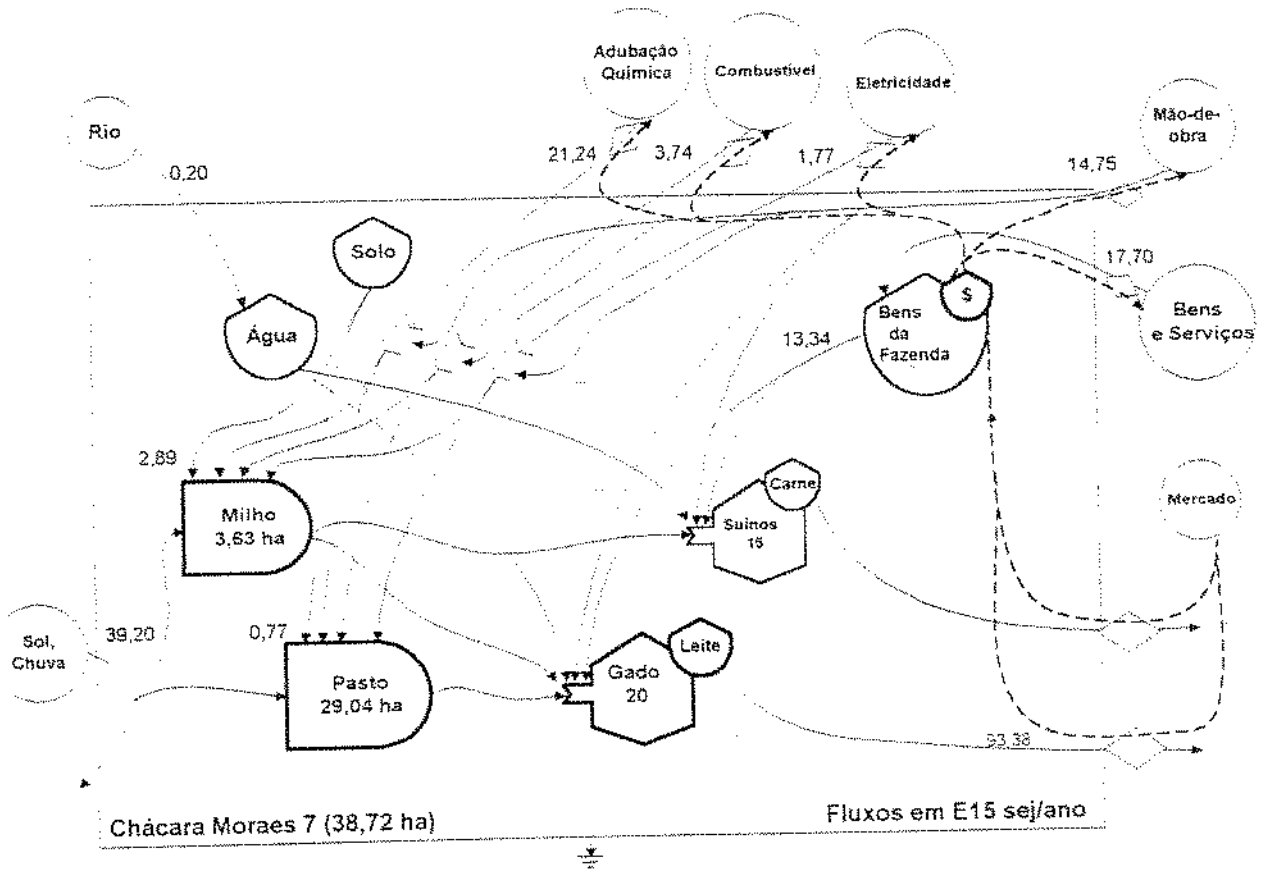


Figura 16– Diagrama sistêmico da Chácara Moraes (Fluxos emergético em E15 sej/ano).

A Figura 16 mostra os dois processos produtivos envolvidos, geradores de biomassa vegetal, (símbolo com formato de unha): a) cultura do milho e, b) pasto; sua relação com a produção de leite e com a produção de carne suína, onde o gado e os suínos assumem o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estocam leite e carne (símbolo de tanque arredondado). Os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita dos suínos) são usados apoiando os dois processos consumidores; fontes renováveis de energia ambiental são representadas por círculos

externos aos limites do sistema, juntamente às contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 13 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 16.

Tabela 13 Avaliação Emergética do Sistema de Produção da Chácara Moraes

Chácara Moraes (38,72 há), Município de Pardinho - SP

Anot	Item		Unid./ano	Transformidade	eMergia Solar	
				sej/unidade	E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	2,61E+12	1,50E+04	39,20	41,89
2	Perda de solo no seu uso	J	5,82E+10	6,30E+04	3,67	3,92
3	Água captada do rio	J	4,96E+09	4,11E+04	0,20	0,22
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**43,07**	**46,03**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Adubação química	$	4,41E+03	4,82E+12	21,24	22,69
5	Combustíveis	J	7,06E+10	5,30E+04	3,74	4,00
6	Eletricidade	$	3,67E+02	4,82E+12	1,77	1,89
7	Mão-de-obra	$	3,06E+03	4,82E+12	14,75	15,76
8	Bens e serviços comprados	$	3,67E+03	4,82E+12	17,70	18,91
9	Bens e serviços da fazenda	$	2,77E+03	4,82E+12	13,34	14,26
10	Trato do Gado	$	6,12E+02	4,82E+12	2,95	3,15
	Total contribuição humana (F)				**50,51**	**53,97**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
11	Produção de Leite	J	1,44E+10	6,50E+06	93,59	
12	Produção de Carne Suína	J	1,94E+10	4,83E+06	93,59	

RAZÕES

Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,853**
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =	**1,375**
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =	**1,348**
Transformidade Carne Suína =(I + F) / Y=(43,07+50,31)E15 sej/ano/1,94 E10=	**4,83E+06 sej / J**

Aqui, o potencial químico da chuva é também a maior contribuição, com 39,20 E15 sej/ano, seguida pela adubação química, com 21,24 E15 sej/ano e pelos bens e serviços comprados com 17,70 E15 sej/ano. A mão-de-obra, com 14,75 E15 sej/ano, precede os bens acumulados da fazenda, com um fluxo anual de 15,17 E15 sej/ano. O uso de combustível, 3,74 E15 sej/ano está praticamente igual à perda de solo, com 3,67 E15 sej/ano. Finalmente, o trato do gado, 2,95 E15 sej/ano é seguido pela eletricidade, 1,77 E15 sej/ano. Estes resultados são graficamente expressos na Figura 16.

4.3.6 Chácara Cabeceira do Rio Pardo

De 50,82 hectares, a Chácara Cabeceira do Rio Pardo é considerada de tamanho padrão para região. É uma unidade de pequena produção de leite com um estoque médio de 30 cabeças de gado. Nesta fazenda também o gado é deixado no pasto de 43,56 hectares a maioria do tempo com alimentação regular de ração, composta principalmente de milho verde, produzido pela fazenda numa área de 3,72 hectares. A mão-de-obra é familiar, proprietário e 3 filhos, que administram toda fazenda, desde o retiro do leite até cultivos.

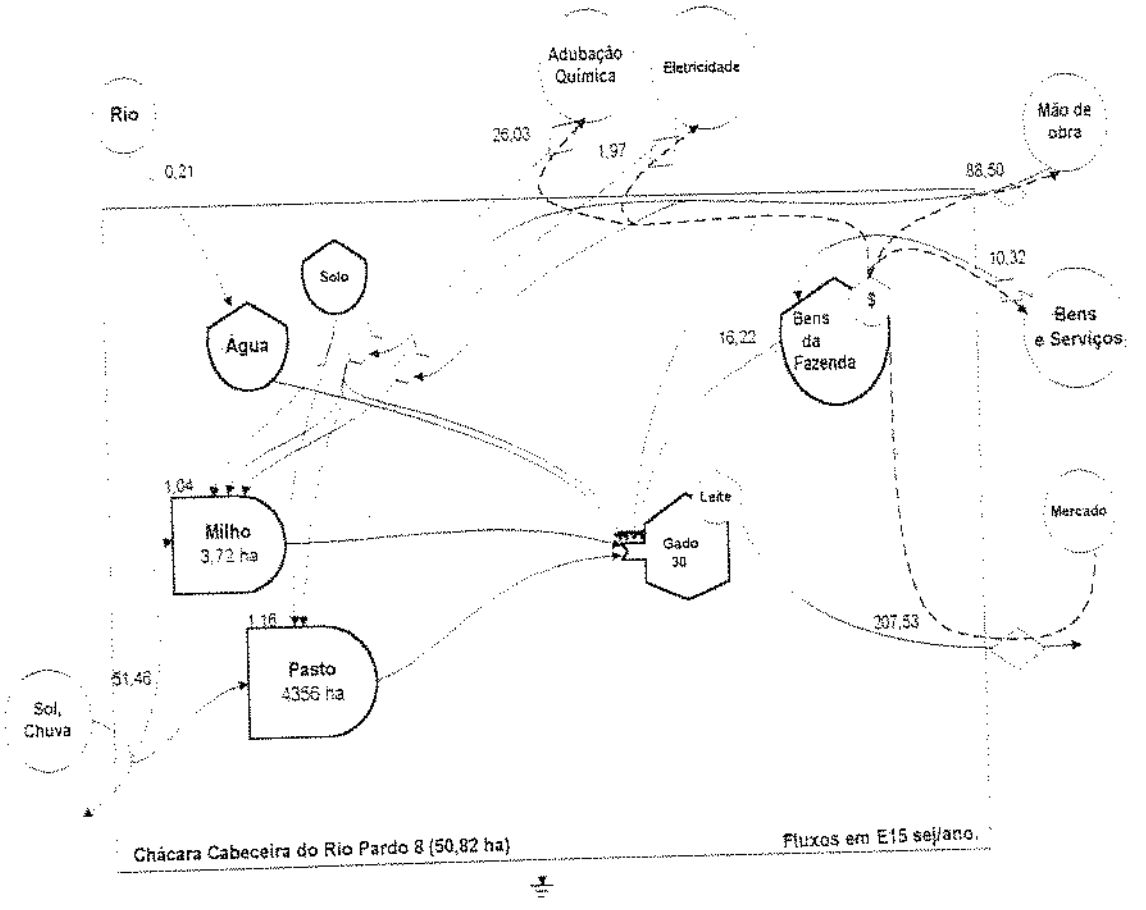


Figura 17 – Diagrama sistêmico da Chácara Cabeceira do Rio Pardo (Fluxos emergético em E15 sej/ano).

A Figura 17 mostra os dois processos produtivos envolvidos, geradores de biomassa vegetal, (símbolo com formato de unha): a) cultura do milho e, b) pasto; sua relação com a produção de leite onde o gado assume o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estoca leite (símbolo de tanque arredondado). Os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita do gado) são usados apoiando o gado; fontes renováveis de energia ambiental são representadas por círculos externos aos limites do sistema, juntamente às contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 14 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 17.

Tabela 14 Avaliação Emergética do Sistema de Produção da Chácara Cabeceira Do Rio Pardo

Chácara Cabeceira do Rio Pardo (50,82 ha) - Município de Botucatu, SP

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	3,43E+12	1,50E+04	51,46	24,77
2	Perda de solo no seu uso	J	3,48E+10	6,30E+04	2,19	1,06
3	Água captada do rio	J	5,23E+09	4,11E+04	0,21	0,10
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**53,86**	**25,93**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Adubação química	$	5,40E+03	4,82E+12	26,03	12,53
5	Eletricidade	$	4,08E+02	4,82E+12	1,97	0,95
6	Mão-de-obra	$	1,84E+04	4,82E+12	88,50	42,60
7	Bens e serviços comprados	$	2,14E+03	4,82E+12	10,32	4,97
8	Bens e serviços da fazenda	$	3,37E+03	4,82E+12	16,22	7,81
9	Trato do Gado	$	7,65E+03	4,82E+12	36,87	17,75
	Total contribuição humana (F)				**153,88**	**74,07**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
10	Produção de Milho	J	5,45E+10	3,81E+06	207,74	
11	Produção de Leite	J	2,45E+11	8,48E+05	207,74	
RAZÕES						
Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =					**1,350**	
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =					**3,021**	
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =					**0,447**	
Transformidade Leite =(I + F) / Y=(53,86+153,88)E15 sej/ano/2,45 E11 J =					**8,48E+05**	**sej / J**

Aqui, a mão-de-obra é o maior investimento emergético, com 88,50 E15 sej/ano, seguida pelo potencial químico da chuva, com 51,46 E15 sej/ano. O trato do gado é o próximo maior valor com 36,87 E15 sej/ano, seguido pela adubação química, com 26,03 E15 sej/ano e pelos bens acumulados da fazenda com 16,22 E15 sej/ano. Os bens e serviços comprados, com 10,32 E15 sej/ano, seguem em valor. Perda de solo, com 2,19 E15 sej/ano e eletricidade, 1,97 E15 sej/ano, fecham o balanço. Estes resultados são graficamente expressos na Figura 17.

4.3.7 Fazenda Tijuco Preto

Com seus 28,8 hectares, a Fazenda Tijuco Preto é uma unidade de pequena produção de leite com um estoque médio de 40 cabeças de gado e avicultura de frangos, 12000 animais mantidos por um período de dois meses. Nesta fazenda também o gado é deixado no pasto de 43,56 hectares a maioria do tempo com alimentação regular de ração, composta principalmente de milho verde, produzido pela fazenda numa área de 4,84 hectares. A mão-de-obra é familiar, basicamente do proprietário, que administra a fazenda.

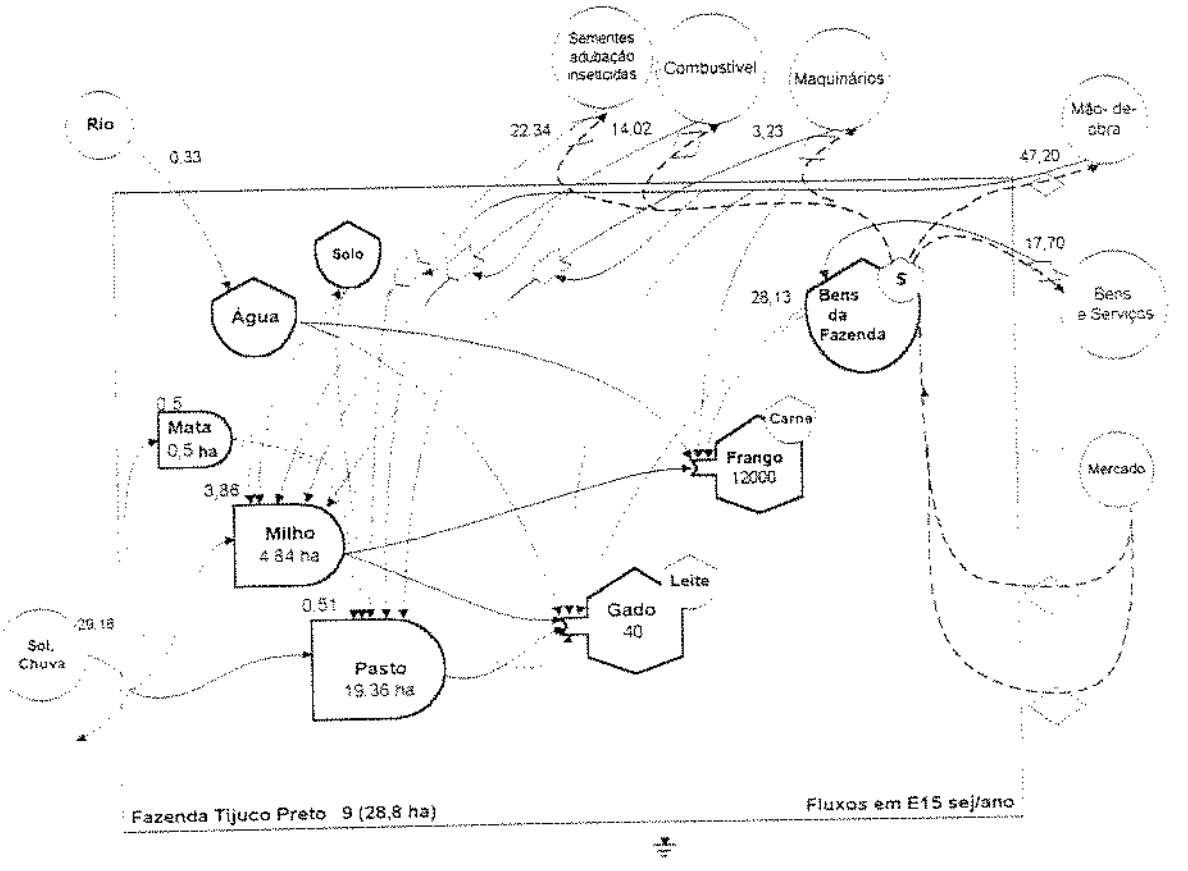


Figura 18.- Diagrama sistêmico de Fazenda Tijuco Preto (Fluxos emergéticos em E15 sej/ano).

A Figura 18 mostra os 3 processos produtivos envolvidos (símbolo com formato de unha), essencialmente de produção de biomassa vegetal: a) vegetação florestal remanescente, b) cultura do milho, c) pasto; sua relação com a produção de leite, onde o gado assume o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estoca o leite (símbolo de tanque arredondado), os frangos,

também consumidores, estocam biomassa animal, a carne; os bens estocados na fazenda (outro simbolo de estoque à direita dos frangos); fontes de energia ambiental externas (representadas por círculos) de tipo renovável e contribuições humanas ao processo de produção. A contribuição do solo, estoque ao lado da água, registra principalmente a quantidade perdida pelo processo de interperização da cultura, ou função, a ele atribuída. A água é usada para gado e frangos.

A Tabela 15 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 18.

Tabela 15. Avaliação Emergética Do Sistema De Produção Da Fazenda Tijuco Preto.

Fazenda Tijuco Preto (28,8 ha) - Município de Pardinho, SP

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
	CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)					
1	Potencial químico da chuva	J	1,94E+12	1,50E+04	29,16	15,79
2	Perda de solo no seu uso	J	6,95E+10	6,30E+04	4,38	2,37
3	Água captada do rio	J	7,93E+09	4,11E+04	0,33	0,18
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**33,86**	**18,34**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Sementes	$	3,02E+02	4,82E+12	1,46	0,79
5	Adubação química	$	4,13E+03	4,82E+12	19,92	10,79
6	Inseticida	$	2,00E+02	4,82E+12	0,96	0,52
7	Combustíveis	J	2,65E+11	5,30E+04	14,02	7,59
8	Eletricidade	$	1,43E+03	4,82E+12	6,88	3,73
9	Maquinários	g	4,82E+05	6,70E+09	3,23	1,75
10	Mão-de-obra	$	9,79E+03	4,82E+12	47,20	25,56
11	Bens e serviços comprados	$	3,67E+03	4,82E+12	17,70	9,58
12	Bens e serviços da fazenda	$	5,84E+03	4,82E+12	28,13	15,23
13	Trato do Gado	$	2,35E+03	4,82E+12	11,31	6,12
	Total contribuição humana (F)				**150,81**	**81,66**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
14	Produção de Leite	J	6,48E+10	2,85E+06	184,67	
15	Produção de Frangos	J	2,51E+12	7,35E+04	184,67	
RAZÕES						
Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =					**1,225**	
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =					**5,263**	
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =					**0,233**	
Transformidade Leite =(I+F)/ Y=(33,86+150,81)E15 sej/ano/6,48 E10 J =					**3,84E+02 sej / J**	

Aqui, também, a mão-de-obra é o maior investimento emergético, com 47,20 E15 sej/ano, seguida pelo potencial químico da chuva, com 29,16 E15 sej/ano. Os bens acumulados da fazenda com 28,13, vêm em terceiro lugar, seguidos pela adubação química de 19,92 E15 sej/ano. Os bens e serviços comprados, com 17,70 E15 sej/ano, seguem em valor. Uso de

combustível, com 14,02 E15 sej/ano e o trato do gado, com 11,31 E15 sej/ano, são as próximas contribuições de maior valor. A eletricidade com 6,88 E15 sej/ano, perda de solo, com 4,38 E15 sej/ano e maquinários, 3,23 E15 sej/ano, fecham o balanço. Estes resultados são graficamente expressos na Figura 18.

4.3.8 Sítio Paraíso

De 72,6 hectares, o Sitio Paraiso é uma unidade de pequena produção de leite com um estoque médio de 60 cabeças de gado e 2 hectares de café para comercialização. O gado pasta em 55,86 hectares a maioria do tempo com complemento alimentar de ração. O proprietário, administra a fazenda e é o único trabalhador nesta unidade.

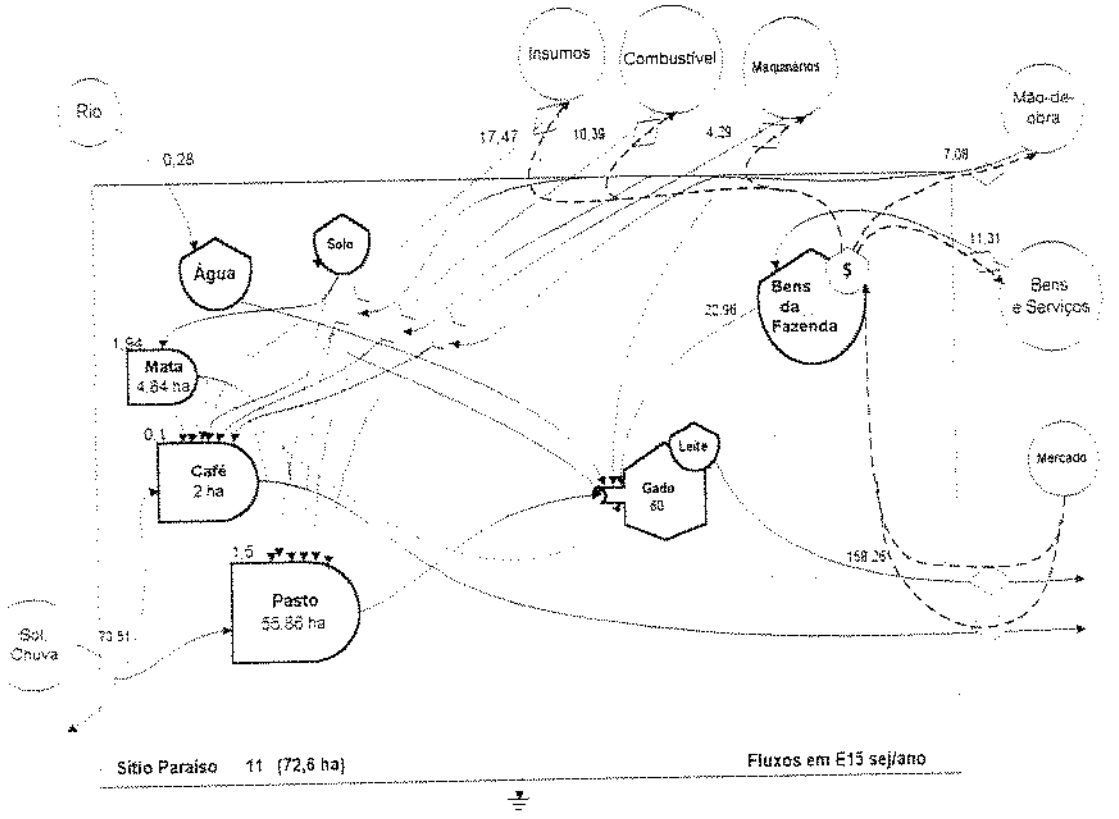


Figura 19.– Digrama sistêmico do Sítio Paraíso (Fluxos emergéticos em E15 sej/ano).

A Figura 19 mostra os 3 processos produtivos envolvidos (símbolo com formato de unha), essencialmente de produção de biomassa vegetal: a) vegetação florestal remanescente, b) cultura de café, c) pasto; sua relação com a produção de leite, onde o gado assume o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estoca o leite (símbolo de tanque arredondado); os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita do gado); fontes de energia ambiental

externas (representadas por círculos) de tipo renovável e contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 16 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura xxx8A.

Tabela 16. Avaliação Emergética do Sistema de Produção do Sitio Paraíso

Sitio Paraíso (72,6 ha) - Município de Pardinho, SP

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	4,90E+12	1,50E+04	73,51	46,36
2	Perda de solo no seu uso	J	2,60E+10	6,30E+04	1,64	1,03
3	Água captada do rio	J	6,85E+09	4,11E+04	0,28	0,18
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**75,43**	**47,57**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
3	Sementes	$	1,25E+02	4,82E+12	0,60	0,38
4	Esterco	$	3,50E+03	4,82E+12	16,87	10,64
5	Combustíveis	J	1,96E+11	5,30E+04	10,39	6,55
6	Eletricidade	$	1,22E+02	4,82E+12	0,59	0,37
7	Maquinários	g	6,40E+05	6,70E+09	4,29	2,70
8	Mão-de-obra	$	1,47E+03	4,82E+12	7,08	4,47
9	Bens e serviços comprados	$	2,35E+03	4,82E+12	11,31	7,13
10	Bens e serviços da fazenda	$	4,76E+03	4,82E+12	22,96	14,48
11	Trato do Gado	$	1,87E+03	4,82E+12	9,03	5,69
	Total contribuição humana (F)				**83,12**	**52,43**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
12	Produção de Café	J	4,13E+10	3,84E+06	158,54	
13	Produção de Leite	J	8,76E+10	1,81E+06	158,54	

RAZÕES

Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,907**
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =	**1,149**
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =	**1,661**
Transformidade Leite =(I+F)/ Y=(75,43+83,12) E15 sej/ano / 8,76 E10 J =	**1,81E+06 sej / J**

Aqui, o potencial químico da chuva é a maior contribuição, com 73,51 E15 sej/ano, seguida pelos bens acumulados da fazenda com 22,96 E15 sej/ano, inputs do esterco, a 16,87 E15 sej/ano, bens e serviços comprados, com 11,31 E15 sej/ano, combustíveis, 10,39 E15 sej/ano, trato do gado, com 9,03 E15 sej/ano, mão-de-obra, 7,07 E15 sej/ano, uso de maquinários agrícolas, 4,29 E15 sej/ano e perda de solo de 1,64 E15 sej/ano.

Estes resultados são graficamente expressos na Figura 19.

4.3.9 Chácara Vale do Sol

Com 26,62 hectares, a Chácara Vale do Sol é uma unidade de pequena produção de leite com um estoque médio de 50 cabeças de gado. Sua produção, desenvolvida pelo trabalho de apenas 2 irmãos, é a mais diversificada entre as 11 fazendas visitadas com 2 hectares de café para comercialização, produção de milho (9,68 ha) e capim Napier (3,63 ha) para ração do gado, produção de morangos (0,5 ha), produção de ovos para uso familiar e criação de porcos para comercialização de leitões. O gado pasta em 14,52 hectares, que é um espaço restrito e por isto precisa de uma forte complementação alimentar de ração.

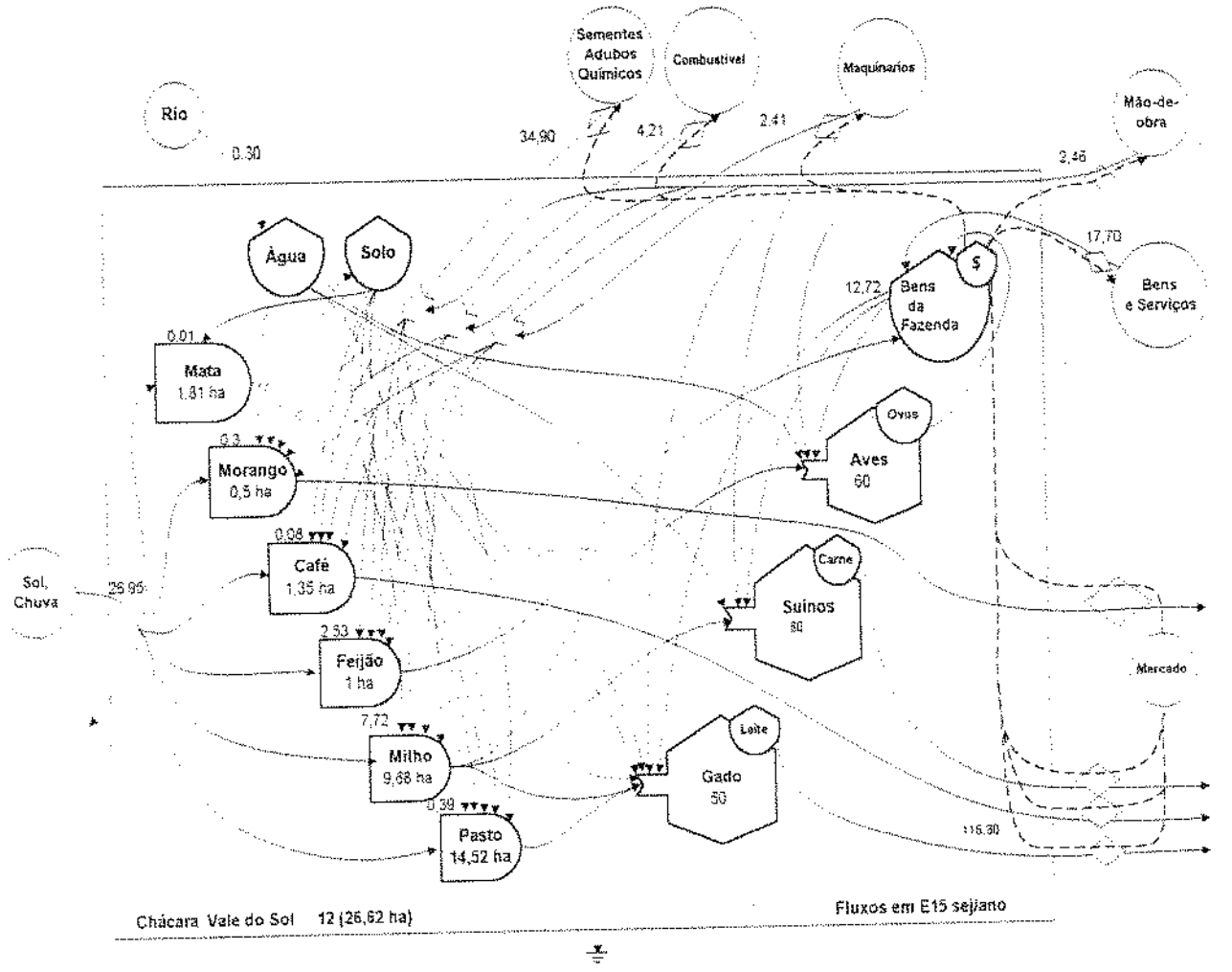


Figura 20.– Digrama sistêmico da Chácara Vale do Sol (Fluxos emergéticos em E15 sej/ano).

A Figura 20 mostra os vários processos produtivos envolvidos (símbolo com formato de unha), essencialmente de produção de biomassa vegetal: a) vegetação florestal remanescente, b) cultura de café, c) milho, d) capim Napier, e) morango; sua relação com a produção de leite,

onde o gado assume o papel de consumidor (símbolo hexagonal) e estoca o leite (símbolo de tanque arredondado); os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita do gado); fontes de energia ambiental externas (representadas por círculos) de tipo renovável e contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 17 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 20.

Tabela.14. Avaliação Emergética do Sistema de Produção da Chácara Vale Do Sol.

Chácara Vale do Sol (26,62 ha) - Município de Pardinho, SP

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	1,80E+12	1,50E+04	26,95	23,02
2	Perda de solo no seu uso	J	1,70E+11	6,30E+04	10,73	9,16
3	Água captada do rio	J	7,39E+09	4,11E+04	0,30	0,26
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**37,99**	**32,44**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
3	Sementes	$	7,49E+02	4,82E+12	3,61	3,08
4	Adubo químico	$	6,49E+03	4,82E+12	31,29	26,72
5	Combustíveis	J	7,94E+10	5,30E+04	4,21	3,59
6	Eletricidade	$	3,67E+02	4,82E+12	1,77	1,51
7	Maquinários	g	3,60E+05	6,70E+09	2,41	2,06
8	Mão-de-obra	$	5,10E+02	4,82E+12	2,46	2,10
9	Bens e serviços comprados	$	3,67E+03	4,82E+12	17,70	15,11
10	Bens e serviços da fazenda	$	2,64E+03	4,82E+12	12,72	10,86
11	Trato do Gado	$	6,12E+02	4,82E+12	2,95	2,52
	Total contribuição humana (F)				**79,12**	**67,56**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
12	Produção de Café	J	5,93E+10	1,97E+06	117,11	
13	Produção de Leite	J	6,57E+10	1,78E+06	117,11	
14	Produção de Carne Suína	J	2,26E+11	5,18E+05	117,11	
15	Produção de Milho	J	6,81E+11	-	-	
16	Produção de Morango	J	3,99E+10	-	-	
17	Produção de Ovos	J	1,07E+10	-	-	

RAZÕES

Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,480**
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =	**3,296**
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =	**0,449**
Transformidade Leite =(I+F)/ Y=(37,99+79,12) E15 sej/ano / 6,57 E10 J =	**1,78E+06 sej / J**

Nesta fazenda, o valor investido em compras de adubo químico é a maior contribuição, com 31,29 E15 sej/ano. A aquisição de bens e serviços fica em terceiro lugar, com 17,70 E15 sej/ano, seguida pelos bens acumulados da fazenda com 12,72 E15 sej/ano. Esta fazenda tem um seríssimo problema de erosão, pois o gado criou nas encostas caminhos que canalizam a água da

chuva incentivando o processo da criação de voçorocas, desta forma a perda do solo é muito alta em valores emergéticos, de 10,76 E15 sej/ano. O próximo valor é dos combustíveis, com 4,21 E15 sej/ano, que é seguido por sementes, 3,61 E15 sej/ano, trato do gado, 2,95 E15 sej/ano, mão-de-obra, 2,46 E15 sej/ano, maquinários, 2,41 E15 sej/ano, e eletricidade, com 1,77 E15 sej/ano.

Estes resultados são graficamente expressos na Figura 20.

4.3.10 Sítio Atalho Coxo

De 66,55 hectares, o Sítio Atalho Coxo é uma unidade de pequena produção de leite com um estoque médio de 40 cabeças de gado. Sua produção, desenvolvida pela mão-de-obra familiar, se diversifica em criação de suínos (40 animais), café para comercialização (7,33 ha) e 2,42 hectares de eucaliptal. Há produção de milho (2,42 ha) para ração do gado que pasta em 55,66 hectares.

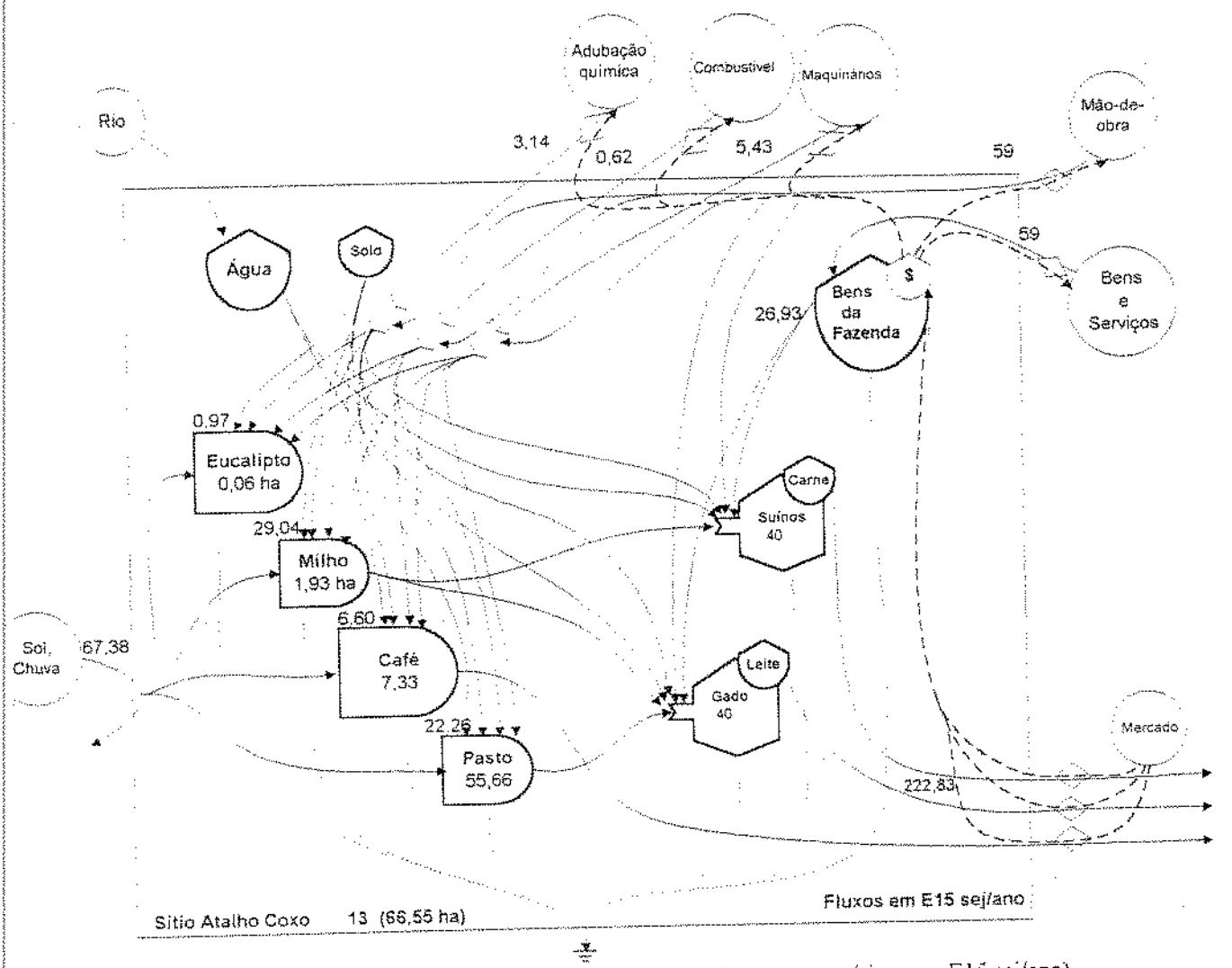


Figura 21.– Digrama sistêmico do Sítio Atalho do Coxo (Fluxos emergéticos em E15 sej/ano).

A Figura 21 mostra os vários processos produtivos envolvidos (símbolo com formato de unha), essencialmente de produção de biomassa vegetal: a) eucaliptal, b), milho, c) cultura de café, d) pasto; sua relação com a produção de leite e carne suína, onde o gado e os suínos assumem o papel de consumidores (símbolo hexagonal); os bens estocados na fazenda (outro

símbolo de estoque à direita do gado); fontes de energia ambiental externas (representadas por círculos) de tipo renovável e contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 18 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 21.

Tabela 18 Avaliação Emergética do Sistema de Produção do Sítio Atalho Coxo.

Sítio Atalho Coxo (66,55 ha) - Município de Pardinho - SP

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	4,49E+12	1,50E+04	67,38	30,24
2	Perda de solo no seu uso	J	6,21E+10	6,30E+04	3,91	1,76
3	Água captada do rio	J	0,00E+00	4,11E+04	0,00	0,00
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**71,29**	**32,00**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Adubação química	$	6,51E+02	4,82E+12	3,14	1,41
5	Combustíveis	J	1,18E+10	5,30E+04	0,62	0,28
6	Eletricidade	J	2,34E+09	2,00E+05	0,47	0,21
7	Mão-de-obra	$	1,22E+04	4,82E+12	59,00	26,48
8	Maquinários	g	8,10E+05	6,70E+09	5,43	2,44
9	Bens e serviços comprados	$	1,22E+04	4,82E+12	59,00	26,48
10	Bens e serviços da fazenda	$	5,59E+03	4,82E+12	26,93	12,09
11	Trato do Gado	$	1,48E+02	4,82E+12	0,71	0,32
	Total contribuição humana (F)				**151,53**	**68,00**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
12	Produção de Milho	J	3,63E+10	-	-	
13	Produção de Leite	J	4,93E+10	4,52E+06	222,83	
14	Produção de Carne Suína	J	5,02E+10	4,44E+06	222,83	
15	Produção de Café	J	2,20E+11	-	-	

RAZÕES

Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,470**
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =	**2,307**
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =	**0,637**
Transformidade Carne Suína =(I + F)/ Y=(71,29+151,53)E15 sej/ano/5,02 E10 J =	**4,44E+06 sej / J**

Aqui, o potencial químico da chuva é a maior contribuição, com 67,38 E15 sej/ano, seguida, com o mesmo valor, pelos bens e serviços comprados, com 59 E15 sej/ano, e pela mão-de-obra, 59 E15 sej/ano. Seguem os bens acumulados da fazenda com 26,93 E15 sej/ano, uso de maquinários agrícolas, 5,43 E15 sej/ano e perda de solo de 3,91 E15 sej/ano. A adubação química é o mais expressivo dos inputs restantes, com 3,14 E15 sej/ano.

Estes resultados são graficamente expressos na Figura 21.

4.3.11 Chácara Bom Retiro

Com 29,04 hectares, a Chácara Bom Retiro é uma unidade de pequena produção de leite com um estoque médio de 16 cabeças de gado. A produção do leite, desenvolvida apenas pelo proprietário, se apoia em 55,86 hectares de pasto e num complemento alimentar para ração de 3,63 hectares de capim Napier. Há também uma pequena produção de cana de açúcar para consumo próprio em 0,61 hectares, 200 pés de café e 100 pés de laranja e pocã.

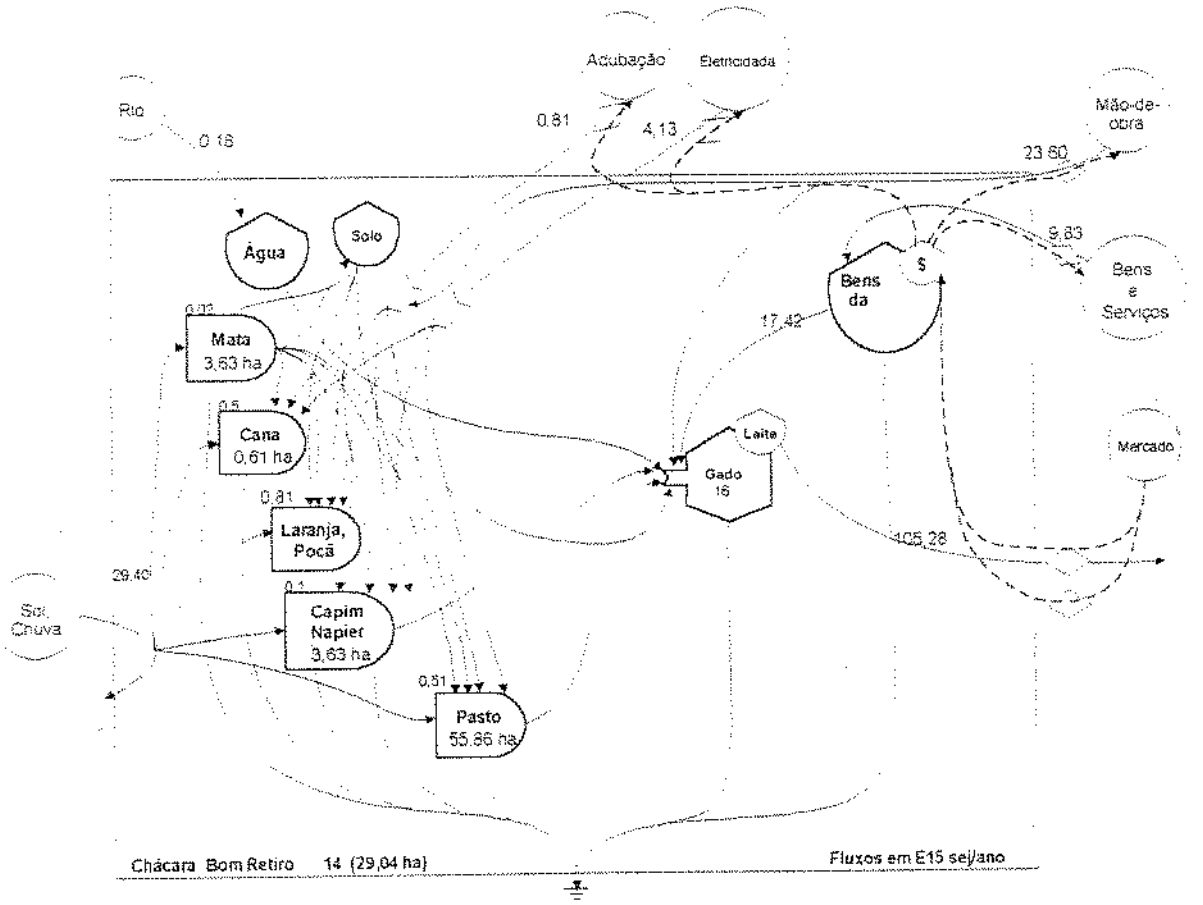


Figura 22.– Digrama sistêmico da Chácara Bom Retiro (Fluxos emergéticos em E15 sej/ano).

A Figura 22 mostra os vários processos produtivos envolvidos (símbolo com formato de unha), essencialmente de produção de biomassa vegetal: a) mata nativa, b), cana, c) laranja e pocã, d) capim Napier e e) pasto; sua relação com a produção de leite onde o gado assume o papel de consumidor (símbolo hexagonal); os bens estocados na fazenda (outro símbolo de estoque à direita do gado); fontes de energia ambiental externas (representadas por círculos) de

tipo renovável e contribuições humanas ao processo de produção.

A Tabela 19 caracteriza os principais fluxos emergéticos provenientes do ambiente e das fontes humanas, ela deve ser analisada juntamente à Figura 22.

Tabela 19 Avaliação Emergética Do Sistema De Produção Da Chácara Bom Retiro.

Chácara Bom Retiro (29,04 ha) - Município de Pardinho - SP

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E15 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	1,96E+12	1,50E+04	29,40	27,88
2	Perda de solo no seu uso	J	1,81E+10	6,30E+04	1,14	1,08
3	Água captada do rio	J	4,47E+09	4,11E+04	0,18	0,17
	Soma das contribuições emergéticas ambientais (I)				**30,72**	**29,13**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
3	Adubação química	$	1,68E+02	4,82E+12	0,81	0,77
4	Eletricidade	$	8,57E+02	4,82E+12	4,13	3,92
5	Mão-de-obra	$	4,90E+03	4,82E+12	23,60	22,38
6	Bens e serviços comprados	$	2,04E+03	4,82E+12	9,83	9,32
7	Bens e serviços da fazenda	$	3,61E+03	4,82E+12	17,42	16,51
8	Trato do Gado	$	4,10E+03	4,82E+12	19,76	18,74
	Total contribuição humana (F)				**74,74**	**70,87**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
9	Produção de Capim Napier	J	2,13E+11	-	-	
10	Produção de Leite	J	7,67E+10	1,38E+06	105,47	

RAZÕES	
Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,411**
Razão de Carga Ambiental (ELR) = F + N / R =	**2,565**
Razão de Sustentabilidade Ambiental (SI) = (Y/F) / [(F+N)/R] =	**0,550**
Transformidade Leite =(I + F) / Y=(30,72+74,74)E15 sej/ano/ 7,67E 10 J =	**1,38E+06 sej / J**

Aqui, também, o potencial químico da chuva é a maior contribuição, com 29,40 E15 sej/ano, seguida pela mão-de-obra, com 23,60 E15 sej/ano, pelo investimento no trato do gado de 19,76 E15 sej/ano, pelos bens e serviços acumulados da fazenda, com 17,42 E15 sej/ano, pelos bens e serviços comprados, com 9,83 E15 sej/ano. Eletricidade, 4,13 E15 sej/ano, perda do solo, 1,14 E15 sej/ano e adubação química, com 0,81 E15 sej/ano, fecham o balanço.Estes resultados são graficamente expressos na Figura 22.

4.4 *Sistemas de Produção de Hortaliças*

4.4.1 Chácara Sto. Antônio, Município de Botucatu

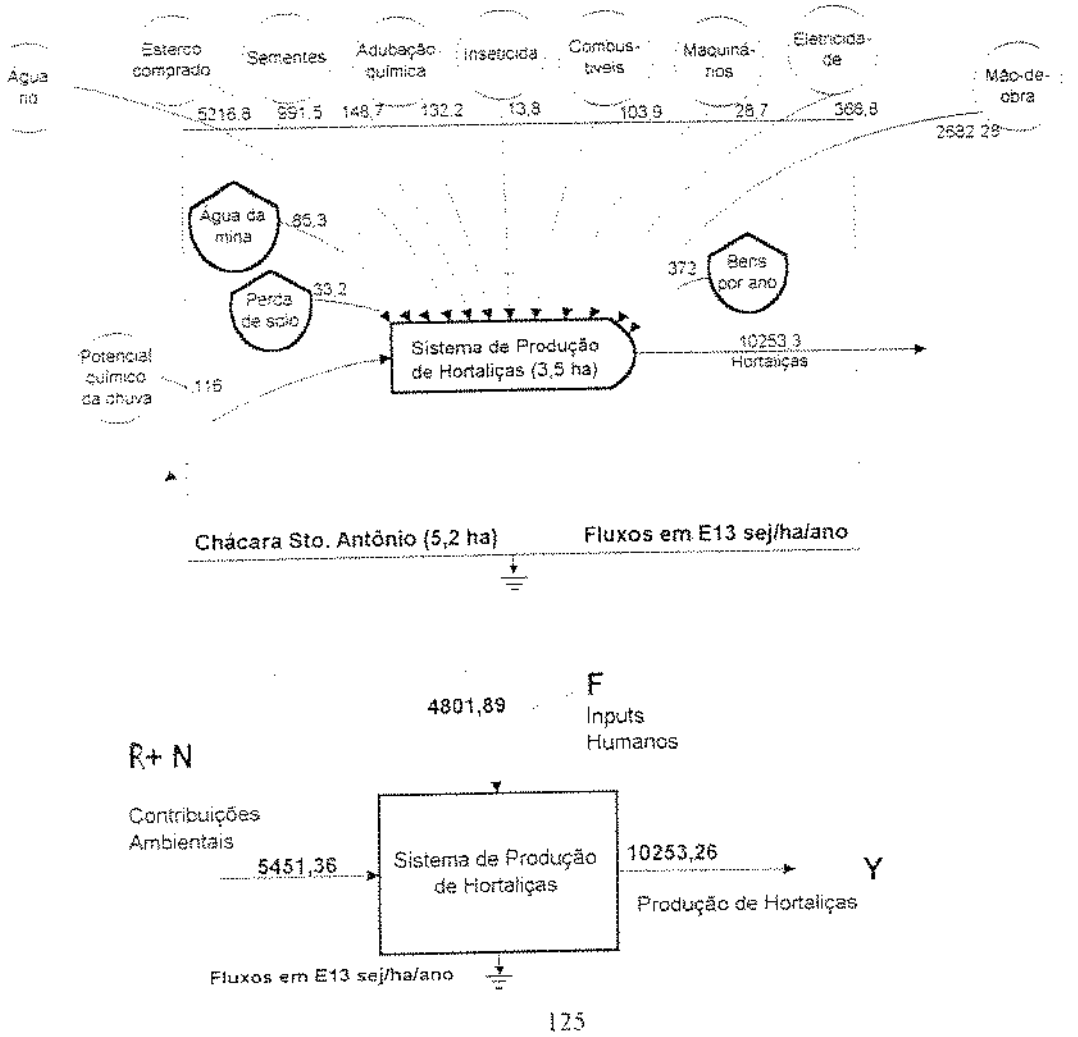
Sistema convencional de produção de hortaliças

4.4.1.1 Introdução

Esta pequena fazenda de 5,2 ha produz em média 8600 kg de hortaliças por mês usando uma área de plantio intensivo de 3,5 ha. Está localizada próximo à Estância Demétria, em Latossolo Roxo distrófico (LRd), profundo, argiloso e bem drenado, de ótima fertilidade. Os donos, Sr. Joaquim e sua esposa, são descendentes italianos com forte tradição hortigranjeira, trabalham na parte administrativa, no transporte da colheita para o mercado e ele também opera o trator. Empregam 9 funcionários permanentes.

Pela avaliação emergética deste sistema de produção surgem algumas importantes considerações (Figura 23):

Figura 23 - Sistema de produção de hortaliças da Chácara Sto. Antônio, Botucatu.



1. A grande quantidade de água bombeada do rio;
2. A proporção da mão-de-obra nos insumos investidos como a maior contribuição;
3. O relativamente alto uso de adubação orgânica.

4.4.1.2 A grande quantidade de água bombeada do rio

A média diária de água bombeada do rio é de 300.000 litros, o que representa em termos emergéticos 95,7% de todas as contribuições dos recursos naturais ao processo de produção de hortaliças. Isto equivale a 108,64% de todas as contribuições humanas, ou feedback (F), ao mesmo processo.

Embora uma proporção desta água retorne ao lençol freático, a maioria perde-se por evaporação no processo de aspersão, muita é perdida pela evaporação subsequente à sua absorção parcial pelo solo e uma certa quantia é incorporada no tecido orgânico das hortaliças. Seria importante pesquisar estas proporções para averiguar de que forma diminuir o desgaste desnecessário deste recurso fundamental e progressivamente mais escasso.

De qualquer forma, é importante alertar o produtor da dependência do seu sistema de produção da captação de grande quantidade de água do rio, algo que, se multiplicado pelos produtores da região, torna-se demasiadamente pesado no uso deste recurso.

4.4.1.3 Proporção da mão-de-obra nos insumos investidos

A mão-de-obra foi dividida em horas homem dos 9 trabalhadores (calculada em calorias despendidas e convertidas em Joules, resultando em 7,13 E9 J/ha/ano, Tabela 20), despesas administrativas e encargos sociais com os mesmos (em base do dólar, correspondendo a 2230 $/ha/ano, Tabela 20) e mão-de-obra do casal de donos (calculada em calorias despendidas, 2,18 E9 J/ha/ano). Convertendo estes valores na base única de emergia, temos um total de 2682,28 E16 sej/ha/ano, que correspondem a 55,03% de todos os inputs das contribuições humanas, ou F.

Tabela 20 - Avaliação Emergética do sistema de produção de hortaliças. Chácara Sto. Antônio.

Chácara St. Antônio -unidade de prod. de hortaliças. **Município de Botucatu, SP**

Valores por Ha

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E13sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	7,74E+10	1,50E+04	116,03	1,13
2	Água bombeada da mina da propriedade	J	2,08E+10	4,10E+04	85,30	0,83
3	Água bombeada do rio	J	1,27E+12	4,11E+04	5216,81	50,88
4	Perda de solo no seu uso	J	5,27E+09	6,30E+04	33,23	0,32
	SOMA DAS CONTRIBUIÇÕES EmERGÉTICAS AMBIENTAIS (I)				**5451,36**	**53,17**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
5	Sementes	$	3,09E+02	4,82E+12	148,73	1,45
6	Esterco comprado	$	2,06E+03	4,82E+12	991,54	9,67
7	Adubação química	$	2,74E+02	4,82E+12	132,21	1,29
8	Inseticida	$	2,86E+01	4,82E+12	13,77	0,13
9	Combustíveis (trator)	J	1,96E+10	5,30E+04	103,94	1,01
10	Maquinários	g	4,29E+04	6,70E+09	28,71	0,28
11	Eletricidade	J	1,84E+10	2,00E+05	368,69	3,60
12	Mão-de-obra (trabalhadores-hs hom)	J	7,13E+09	2,00E+06	1426,23	13,91
13	Mão-de-obra (trabalhadores-dinheiro)	$	2,23E+03	4,82E+12	1074,17	10,48
14	Mão-de-obra (casal de donos)	J	2,18E+09	6,50E+05	141,88	1,38
15	Bens de investimento	$	7,72E+02	4,82E+12	372,02	3,63
	TOTAL CONTRIBUIÇÃO HUMANA (F)				**4801,89**	**46,83**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
16	Produção de Hortaliças	g	4,32E+11	2,37E+05	10253,26	100,00

RAZÕES	
Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**2,14**
Razão investimento por eMergia (EIR) = F / I =	**0,88**
Razão de Carga Ambiental (ELR) = (F + N) / R	**0,89**
Razão de Sustent. Ambiental (SI) = EYR / ELR = (Y / F) / [(F+ N) / R] =	**2,39**
Transformidade da Hortaliça = eMergia Total / produção (energia)	
(I + F) eMergia / (Y) energia = (5451,36+4801,89)E13sej/ano/4,32 E11J/ano=	**2,37E+05 sej/J**

4.4.1.4 O relativamente alto uso de adubação orgânica.

S600 por mês estão sendo gastos com esterco de gado, como adubo orgânico, que representa 20,65% das contribuições humanas à produção, de longe o segundo item mais pesado do F, após a mão-de-obra, com 991,54 E13 sej/ha/ano. O que favorece o princípio da integração entre produção agrícola, neste caso hortaliças, e criação de animais.

4.4.1.5 Razões Emergéticas

A **Razão de Produção por Emergia** usada (**EYR** – *Emergy Yield Ratio*), é de 2,14, que representa uma contribuição de 1,14 de emergia 'Surplus' à economia da região. A **Razão de Investimento por Emergia** natural (**EIR** – *Emergy Investment Ratio*), é de 0,88, que denota uma baixa razão entre a contribuição humana e dos recursos naturais. Isto é devido, principalmente, à alta contribuição da água do rio, que é gratuita, não ao fato de haver-se poucas contribuições humanas. Esta razão é quase 2 vezes inferior à mesma do município de Botucatu, de 1,66, e indica que o sistema de produção da fazenda é altamente competitivo em relação a outros. Isto deve-se, em grande parte, à disponibilidade de grandes volumes de água gratuita que aliviam a relação entre investimento humano e a contribuição dos recursos naturais.

A **Razão de Carga Ambiental** (**ELR** – *Environmental Loading Ratio*), razão entre a soma das emergias contribuídas pelas contribuições humanas e dos recursos não renováveis (neste caso a perda de solo, de 33,23 E13 sej/ha/ano), e todas as emergias renováveis incidentes (potencial químico da chuva, 116,03 E13 sej/ha/ano, água bombeada da mina, 85,3 E13 sej/ha/ano, e água bombeada do rio, 5216,81 E13 sej/ha/ano), é de 0,89, ou seja, há 11% mais de contribuições de emergia renovável do que humanas e não renováveis.

O **Índice de Sustentabilidade Ambiental** (**SI** – *Emergy Sustainability Index*), ou razão entre EYR e ELR, é de 2,39, que é relativamente alta, pois o processo usa muita emergia renovável da água do rio. Esta questão será retomada mais adiante na comparação entre este sistema de produção e o biodinâmico da Estância Demétria.

A **transformidade** da hortaliça resulta em 2,37 E5 sej/J, ou seja 237.000 Joules de emergia solar original são necessários à produção de 1 Joule de energia das hortaliças. Comparada aos valores obtidos em estudos de produção hortigranjeira no Estados Unidos, este é um valor médio para aquele país. Considerando a alta industrialização dos processos de produção ali usados, pode-se concluir que esta transformidade está relativamente alta para condições brasileiras (não dispomos ao momento de estudos comparativos brasileiros além dos desenvolvidos neste trabalho).

A **Razão de Troca Emergética** (**EER** – *Emergy Exchange Ratio*, Emergia do produto/Emergia paga por ele) representa o poder de barganha entre a emergia embutida nos produtos vendidos e a emergia do que é recebido monetariamente (em equivalentes emergéticos). Normalmente, pelo fato de não se incluir as contribuições naturais na contabilidade e na

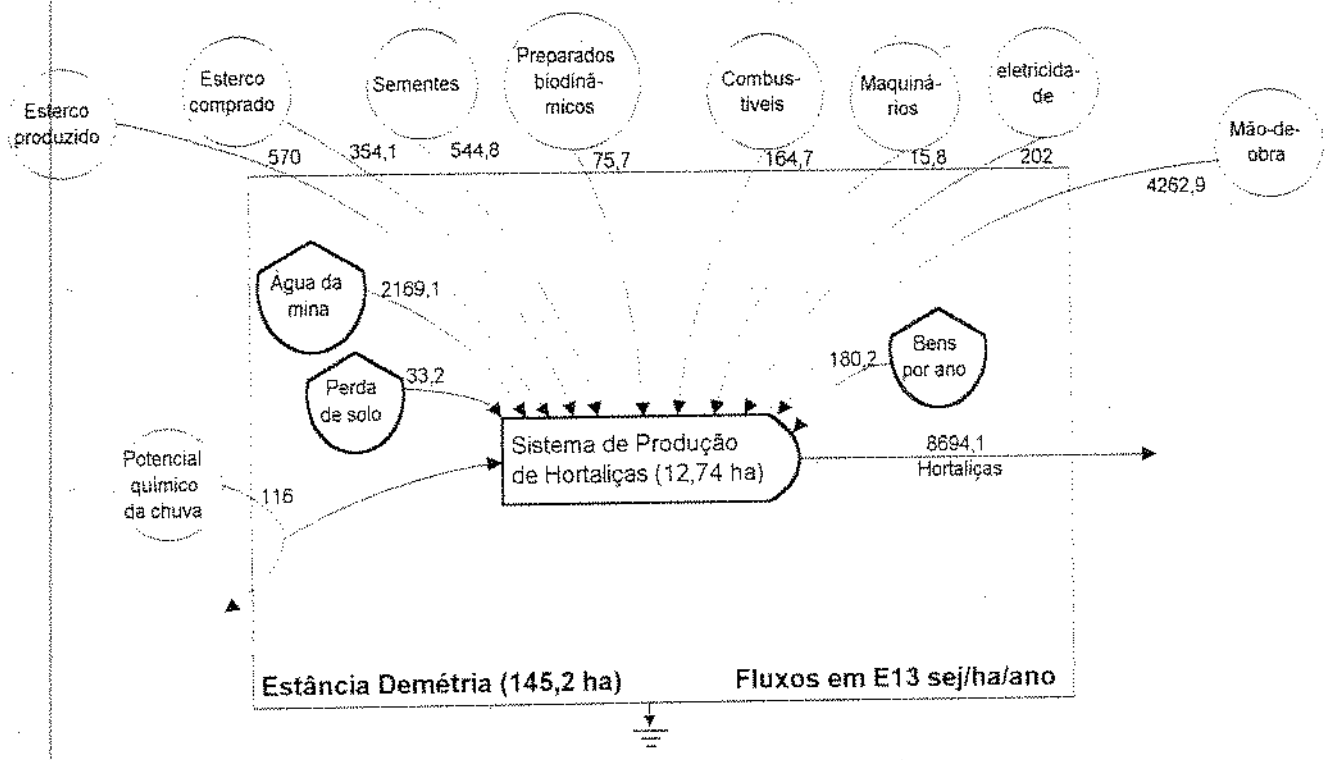
composição dos preços, os bens agrícolas produzidos são invariavelmente várias vezes mais valiosos em emergia do que o preço pago por eles. Isto já foi visto com os produtos das fazendas leiteiras no município de Pardinho avaliadas neste trabalho. A Razão de Troca Emergética para Chácara Sto. Antônio é de 2,577, ou seja, como unidade de produção esta chácara oferece 2,577 vezes mais emergia do que recebe em correspondentes monetários. Comparada com a produção leiteira das fazendas estudada no município de Pardinho, que tem razões de troca emergética desde 4 até 6, esta produção de hortaliças está conseguindo um valor razoável de troca para seus produtos.

4.4.2 Estância Demétria, Município de Botucatu

Sistema Biodinâmico de Produção de Hortaliças

4.4.2.1 Introdução

Esta fazenda de 145,2 ha produz em média 19.225 kg de hortaliças por mês usando uma área de horta de 12,74 ha. Está localizada a 800 metros da Fazenda Joaquim, em solo Podzólico Vermelho Amarelo (PVd – arenoso, textura arenosa a média, de baixa fertilidade, suscetível à erosão). Esta estância é administrada por uma sociedade, ligada ao Instituto Biodinâmico, que pratica os princípios da agricultura biodinâmica no seu sistema de produção, usando os processos biológico de recomposição do solo e preparados biodinâmicos importados, a base de produtos naturais, como catalizadores destes mesmos processos. 22 funcionários permanentes trabalham na horta durante todo o ano. A parte administrativa da fazenda maior, que inclui criação de gado e outras atividades, cuida também do sistema administrativo da própria horta. 2 tratores são parcialmente usados no trabalho da horta, para preparação de canteiros, transporte e incorporação do esterco gerado pelo gado da fazenda, várias atividades do trato dos cultivos e transporte da colheita para o mercado. Um sistema de irrigação de 12 aspersores está sendo usado com bomba do poço da propriedade praticamente o ano inteiro, exceto durante dois meses chuvosos.



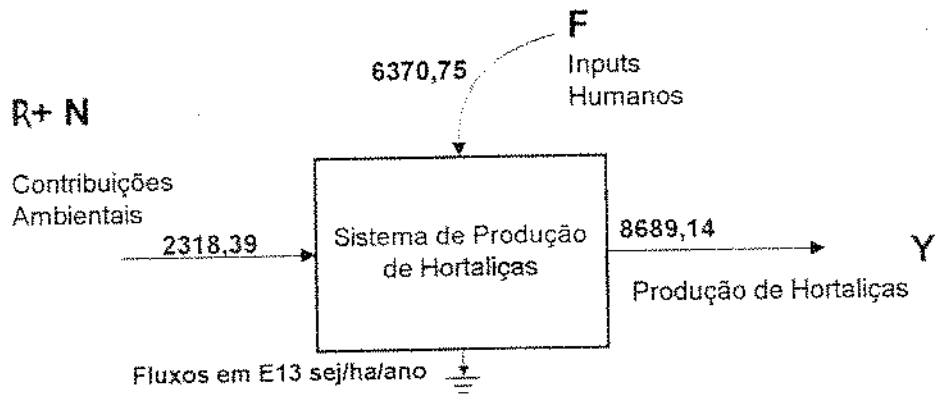


Figura 24 - Sistema de produção de hortaliças da Estância Demétria, Botucatu.

Pela avaliação emergética deste sistema de produção surgem algumas importantes considerações (Figura 24):

1. A grande quantidade de água bombeada do poço;
2. A proporção da mão-de-obra nos insumos investidos como a maior contribuição;
3. O alto uso de esterco como adubação orgânica.

4.4.2.2 *A grande quantidade de água bombeada do poço*

A média diária de água bombeada do poço é de 450.050 litros, exceto durante cerca de 2 meses por ano, o que representa em termos emergéticos 93,6% de todas as contribuições dos recursos naturais ao processo de produção de hortaliças. Isto equivale a 34% de todas as contribuições humanas, ou feedback (F), ao mesmo processo.

Aqui, também, como na Chácara Sto. Antônio, embora uma proporção desta água retorne ao lençol freático, a maioria perde-se por evaporação no processo de aspersão, muita é perdida pela evaporação subsequente à sua absorção parcial pelo solo e uma certa quantia é incorporada no tecido orgânico das hortaliças.

Há uma total dependência deste sistema de produção da captação de grande quantidade de água.

4.4.2.3 Proporção da mão-de-obra nos insumos investidos

A mão-de-obra foi dividida em horas homem dos 22 trabalhadores (calculada em calorias despendidas e convertidas em Joules, resultando em 4,79 E9 J/ha/ano, Tabela 21), despesas administrativas e encargos sociais com os mesmos (em base do dólar, correspondendo a 6860 $/ha/ano). Convertendo estes valores na base única de emergia, temos um total de 4262,93 E16 sej/ha/ano, que correspondem a 66,9% de todos os inputs das contribuições humanas, ou F.

Tabela 21 - Avaliação Emergética do Sistema de Produção de Hortaliças da Estância Demétria.

Estância Demêtria – unidade de produção de hortaliças. **Município de Botucatu, SP**

Valores por Ha

Anot.	Item		Unid./ano	Transformidade sej/unidade	eMergia Solar E13 sej/ano	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)						
1	Potencial químico da chuva	J	7,74E+10	1,50E+04	116,03	1,34
2	Água bombeada do poço	J	5,28E+11	4,11E+04	2169,13	24,96
3	Perda de solo no seu uso	J	5,27E+09	6,30E+04	33,23	0,38
	SOMA DAS CONTRIBUIÇÕES EmERGÉTICAS AMBIENTAIS (I)				**2318,39**	**26,68**
FEEDBACK (retorno - F) - Inputs das contribuições humanas						
4	Sementes	$	1,13E+03	4,82E+12	544,80	6,27
5	Esterco produzido	J	5,38E+10	1,06E+05	570,49	6,57
6	Esterco comprado	$	7,35E+02	4,82E+12	354,12	4,08
7	Preparados biodinâmicos	$	1,57E+02	4,82E+12	75,67	0,87
8	Combustíveis (trator)	J	3,11E+10	5,30E+04	164,74	1,90
9	Maquinários	g	2,35E+04	6,70E+09	15,78	0,18
10	Eletricidade	J	1,01E+10	2,00E+05	202,01	2,32
11	Mão-de-obra (trabalh.-hs hom)	J	4,79E+09	2,00E+06	957,79	11,02
12	Mão-de-obra (administração)	$	6,86E+03	4,82E+12	3305,14	38,04
13	Bens de investimento	$	3,74E+02	4,82E+12	180,21	2,07
	TOTAL CONTRIBUIÇÃO HUMANA (F)				**6370,75**	**73,32**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)						
14	Produção de Hortaliças	g	2,65E+11	3,28E+05	**8689,14**	100,00

RAZÕES

Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =	**1,36**
Razão investimento por eMergia (EIR) = F / I =	**2,75**
Razão de Carga Ambiental (ELR) = (F + N) / R	**2,80**
Razão de Sustent.Ambiental (SI) = EYR / ELR = (Y / F) / [(F+ N)/ R]	**0,49**
Transformidade da Hortaliça = eMergia Total / produção (energia)	
(I + F) eMergia / (Y) energia = (2318,4+6370,3)E13 sej/ano / 2,65E11 J/ano=	**3,28E+05 sej/J**

4.4.2.5 O alto uso de esterco como adubação orgânica

$780 por mês estão sendo gastos com esterco de gado comprado de fora do sistema, como adubo orgânico, e mais 19.500 kg por mês de esterco produzido no adjacente Sítio Bahia (parte da Estância Demétria), que juntos representam 14,5% das contribuições humanas à produção, de longe o segundo ítem mais pesado do F, após a mão-de-obra, com 925 E13 sej/ha/ano. O que

demostra a importância da integração entre produção agrícola, neste caso hortaliças, e criação de animais.

4.4.2.6 Razões Emergéticas

A Razão de Produção por Emergia usada (EYR – *Emergy Yield Ratio*), é de 1,36, que representa uma contribuição de apenas 0,36 de emergia 'Surplus' à economia da região, indicando um baixo grau de eficiência neste processo de produção, como processo (a qualidade dos produtos hortogranjeiros biodinâmicos não está aqui em questão). A Razão de Investimento por Emergia natural (EIR – *Emergy Investment Ratio*), é de 2,734, que denota uma razão razoável entre a contribuição humana e dos recursos naturais. Isto é devido, principalmente, à alta contribuição de mão-de-obra, 4262,93 E13 sej/ha/ano, de esterco, 925 E13 sej/ha/ano e de sementes, 544,8 E13 sej/ha/ano.

A Razão de Carga Ambiental (ELR – *Environmental Loading Ratio*), razão entre a soma das emergias contribuídas pelas contribuições humanas e dos recursos não renováveis (neste caso a perda de solo, de 33,23 E13 sej/ha/ano), e todas as emergias renováveis incidentes (potencial químico da chuva, 116,03 E13 sej/ha/ano, água bombeada do poço, 2169,13 E13 sej/ha/ano), é de 2,80, ou seja, há 2,8 vezes mais de contribuições de emergia humanas do que renováveis e não renováveis.

A Razão de Sustentabilidade Ambiental (ESI – *Emergy Sustainability Index*), ou razão entre EYR e ELR, é de 0,49, que é relativamente baixa. Esta questão será retomada mais adiante na comparação entre este sistema de produção e o biodinâmico da Estância Demétria.

A transformidade da hortaliça resulta em 3,28 E5 sej/J, ou seja 328.000 Joules de emergia solar original são necessários à produção de 1 Joule de energia das hortaliças neste sistema biodinâmico.

A **Razão de Troca Emergética (EER** – Emergy Exchange Ratio, Emergia do produto/Emergia paga por ele), que representa o poder de barganha entre a emergia embutida nos produtos vendidos e a emergia do que é recebido monetariamente (em equivalentes emergéticos) é de 0,577, para produção hortigranjeira da Demétria, ou seja, como unidade de produção esta chácara recebe em correspondentes monetários 1,79 vezes mais emergia do que produz. Comparada com a produção hortigranjeira da Chácara Santo Antônio, que tem uma razão de

troca emergética de 2,577 (4,47 vezes maior), esta produção de hortaliças está conseguindo um valor de troca extremamente alto, 4,47 vezes melhor do que o da Sto. Antônio, e fora do comum para seus produtos.

4.4.2.7 Outras Razões Emergéticas

Tabela 22: Comparação das Razões das 2 unidades de produção.

Tipo de Razão	Fórmula	Valor Demétria	Valor Sto.Antônio
Adquirida / Gratuita	(M+S) / (R+N)	2,01	0,88
Não-renovável / Renovável	(N+M) / R	0,55	0,40
Serviço / Gratuita	S / (N+R)	1,49	0,48
Serviço / Recursos	S / (R+N+M)	0,96	0,35
Desenvolvida / Ambiental	(N+M+S) / R	2,80	0,89

Observando os resultados comparativos das duas unidades de produção na tabela acima, percebe-se a alta dependência do sistema Demétria dos inputs comprados (bens e serviços: Razão emergia adquirida por emergia gratuita de 2,01), confirmada pela Razão de emergia desenvolvida por emergia ambiental, 2,8. Neste sentido o sistema Sto. Antônio é 3,15 vezes menos dependente de emergias importadas (2,8/0,89), pois está se beneficiando grandemente da disponibilidade constante da água do rio. A Razão de Emergia de Serviços por Emergia Gratuita (S / [N + R]) da Estância Demétria é 3,1 vezes maior do que a da Chácara Sto. Antônio, mas isto deve ser atribuído a dois fatores:

a) a alta proporção de água do rio usada pela Chácara Sto. Antônio (50,88% de todas emergias incidentes no processo de produção), exatamente metade, enquanto isto incide 2 vezes menos, 24,96% no uso de água da Estância Demétria, na Demétria;

b) os altos custos administrativos da Demétria de quase 40% (38,04) contra 10,48% da Sto. Antônio, enquanto que a mão-de-obra em si tem uma diferença pequena, 11,02% e 15,29%, respectivamente, das emergias totais (Tabela 23).

4.4.3 *Comparando Avaliações da Demétria e Sto. Antônio*

A Tabela 23 compara os resultados obtidos das avaliações emergéticas dos dois sistemas de produção, Estância Demétria e Chácara Sto. Antônio.

Tabela 23 - Comparando Avaliações Emergéticas para Demétria e Chácara Sto. Antônio. Valores por Hectare

		Demétria *eMergia Solar E13 sej/ha/ano*	%	Sto.Antônio *eMergia Solar E13 sej/ha/ano*	%
CONTRIBUIÇÃO AMBIENTAL (I)					
1	Potencial químico da chuva (R)	116,03	1,34	116,03	1,13
2	Água bombeada do poço/mina (R)	2.169,13	24,96	85,30	0,83
3	Água bombeada do rio (R)			5.216,81	50,88
4	Perda de solo no seu uso (N)	33,23	0,38	33,23	0,32
Soma das Contribuições emergéticas Ambientais (I)		**2.318,39**	**26,68**	**5.451,36**	**53,17**
FEEDBACK (F) - Inputs das contribuições humanas					
5	Sementes (M)	544,80	6,27	148,73	1,45
6	Esterco produzido (R)	570,49	6,57	-	-
7	Esterco comprado (M)	354,12	4,08	991,54	9,67
8	Preparados biodinâmicos (M)	75,67	0,87	-	-
9	Adubação química (M)	-	-	132,21	1,29
10	Inseticida (M)	-	-	13,77	0,13
11	Combustíveis (trator) (M)	164,74	1,90	103,94	1,01
12	Maquinários (M)	15,78	0,18	28,71	0,28
13	Eletricidade (M)	202,01	2,32	368,69	3,60
14	Mão-de-obra (trabalh.-hs hom) (S)	957,79	11,02	1.568,11	15,29
15	Mão-de-obra (administração) (S)	3.305,14	38,04	1.074,17	10,48
16	Bens de investimento (M)	180,21	2,07	372,02	3,63
Total Contribuição Humana (F)		**6.370,75**	**73,32**	**4.801,89**	**46,83**
PROCESSO PRODUTIVO (Y)					
17	Produção de Hortaliças	**8.689,14**	100,00	**10.253,26**	100,00
RAZÕES					
Razão produção por eMergia (EYR) = Y / F =		**1,36**		**2,14**	
Razão investimento por eMergia (EIR) = F / I =		**2,75**		**0,88**	
Razão de Carga Ambiental (ELR) = (F + N) / R =		**2,80**		**0,89**	
Índice de Sust. Ambiental (SI) = EYR / ELR =		**0,49**		**2,39**	
Transformidade da Hortaliça (sej / J) =		**3,28E+05**		**2,37E+05**	
Razão de Troca Emergética (EER) = eM prod/eM preço		**0,577**		**2,577**	

A questão mais importante que aflora desta comparação é relacionada ao uso da água, que é fundamental no processo de produção de hortigranjeiros. Devido à intensidade deste recurso vital, as outras contribuições ambientais e humanas tornam-se secundárias.

Como já mencionado, a água bombeada do rio da Chácara Sto. Antônio representa 50,88% (5.216,81 E13 sej/ha/ano) de todas emergias usadas no processo de produção de hortaliças, sendo a maior contribuição emergética no sistema, seguida pela mão-de-obra, com 15,29% (1.568,11 81 E13 sej/ha/ano), as despesas administrativas, 10,48% (1.074,1781 E13 sej/ha/ano), e a importante contribuição do esterco comprado de 9,67% (991,5481 E13 sej/ha/ano). Bens investidos na fazenda seguem com 3,63% (372,02 E13 sej/ha/ano) juntamente com a despesa da eletricidade, 3,60% (368,69 E13 sej/ha/ano), essencial para o funcionamento das bombas do sistema de aspersão e irrigação.

No sistema da Demétria às despesas administrativas de 38,04% (3.305,14 E13 sej/ha/ano) representam o fator mais exigente em emergia, e não a água, com apenas 24,96% (2.169,13 E13 sej/ha/ano), ou seja, o sistema torna-se mas oneroso por causa dos encargos sociais e de um sistema administrativo mais exigente em recursos. Isto causa as grandes diferenças no aproveitamento dos recursos naturais dos dois sistemas, como quantificado e qualificado pelos índices emergéticos.

De fato, a performance da Chácara Sto. Antônio é de longe superior na:

- Razão de Produção por Emergia (EYR), 2,14 contra 1,36 da Demétria;
- Razão de Investimento por Emergia (EIR), 0,88 contra o mais 'carregado' 2,75 da Demétria;
- Razão de Carga Ambiental (ELR) de um bem mais 'leve' 0,89 contra 2,80 da Demétria;
- Índice de Sustentabilidade Ambiental (SI) de 2,39 contra apenas 0,49 da Demétria;
- Menor Transformidade da Hortaliça, de 2,37 E5 sej/J, contra 3,28 E5 da Demétria.

Um aspecto extremamente importante para questão agrícola é, porém, a questão do valor atribuído à produção de bens agrícolas que, invariavelmente, são subestimados pelo mercado que não contabiliza o trabalho do ambiente e a contribuição dos recursos naturais ao processo de produção. A **Razão de Troca Emergética (EER)** torna-se aqui fundamental para saber, avaliando quanta emergia está entregue nos produtos, qual é o valor mais realístico de troca entre produto vendido e seu preço de venda, ou seja, a razão da Emergia do produto pela Emergia paga por ele. Isto representa o poder de barganha entre a emergia embutida nos produtos vendidos e a emergia do que é recebido monetariamente (em equivalentes emergéticos).

Aqui a produção hortigranjeira da Demétria ganha de forma extravagante, pois esta razão é de 0,577, ou seja, como unidade de produção, esta chácara recebe em correspondentes monetários 1,79 vezes mais emergia do que produz. Comparada com a produção hortigranjeira da Chácara

Santo Antônio, que tem uma razão de troca emergética de 2,577, esta produção de hortaliças está conseguindo um valor de troca extremamente alto e fora do comum para seus produtos.

Uma análise dos preços de mercado colocam os produtos hortigranjeiros biodinâmicos de 20 a 25%, ou mais em alguns casos, mais caros dos produzidos de forma convencional. Esta política de diferenciação de preços é o que tem salvado o desempenho desta unidade de produção. O preço estaria ligado à maior qualidade dos produtos biodinâmicos, cuja produção garante a ausência de adubação e de defensivos agrícolas químicos, e envolve um sofisticado processo de reciclagem e aplicação de preparados biodinâmicos com função coadjuvante ao crescimento biológico. O aspecto e o gosto dos produtos seria também bastante diferenciado, oferecendo uma qualidade dirigida a um mercado cativo, principalmente nas grandes cidades, ávidas de produtos 'organicamente' produzidos.

O uso de eletricidade para bombeamento de água, maior na Sto. Antônio, 368,69 E13 sej/ha/ano (3,60% da emergia total usada), do que na Demétria, 202,01 E13 sej/ha/ano (2,32%), é indicativo da relação entre tamanho da unidade e eficiência no uso deste input. Sto. Antônio produz hortaliças em apenas 3,5 hectares, enquanto a Demétria está usando 12,74 hectares, com um aproveitamento melhor da eletricidade por hectare de área de produção.

4.4.3.1 Fator solo

Cabe analisar brevemente o fator solo, de importância determinante no volume e qualidade da produção hortogranjeira. A Estância Demétria está num solo extremamente pobre, tipo Podzólico Vermelho Amarelo (PVd – arenoso, textura arenosa a média, de baixa fertilidade, suscetível à erosão), pois, segundo as entrevistas realizadas no local, os sócios que compraram a fazenda no início, embora quisessem produzir alimentos saudáveis de forma orgânica, sem agrotóxicos, desconheciam as características dos solos da região, acabando numa escolha infeliz. Embora este solo não tenha ajudado a produção de hortaliças, o fato da fazenda estar nele pode provar a capacidade do sistema biodinâmico de reconstituí-lo e melhorá-lo progressivamente. Isto só poderia ser provado por análise químicas seriadas em anos consecutivos, o que evade o escopo deste trabalho.

Os dados atuais mostram a grande dependência de ambos sistemas de produção do esterco de gado. Na Demétria, usam-se 3 caminhões de esterco comprados por semana e mais 3 trazidos do

adjacente Sítio Bahia, com gado leiteiro, perfazendo um total de 468 toneladas por ano. Ou seja, quase 40 toneladas por mês sendo despejadas nos 12,74 hectares de hortas. Isto equivale a 3,06 toneladas por hectare por mês.

Um cálculo aproximado de consumo de esterco da Chácara Sto. Antônio (em Latossolo Roxo distrófico (LRd), profundo, argiloso e bem drenado, de ótima fertilidade) resulta em 4,3 toneladas por hectare por mês, cerca de 25% a mais da quantidade aplicada na Demétria. Ainda, no Sto. Antônio adiciona-se adubação química. Por isto, sua produção é 1,63 vezes maior (61,38%), 29.500 kg/ha/ano, contra 18.108 kg/ha/ano da Demétria.

Obviamente, a questão do uso de fertilizantes e defensivos químicos, usados na Chácara Sto. Antônio, que retornam parcialmente às águas do rio e percolam até o lençol freático, é de fundamental importância numa área de grande atividade agrícola, principalmente nas áreas adjacentes ao rio. Os resultados a longo prazo e seus riscos ao ambiente são bem conhecidos, mas não estão embutidos na presente avaliação emergética, como também não o está a retenção de elementos químicos nos alimentos produzidos. Estes fatores devem ser verificados por outras abordagens de análises químicas quantificativas e qualificativas. Neste sentido, os benefícios aparentes de uma maior produção devem ser pesados contra os danos que estes elementos nocivos causam ao bem-estar da população, da sociedade em geral e do ambiente.

Outro fator que a presente avaliação não considera é o empobrecimento, pelo uso continuado e maciço de fertilizantes químicos, da microfauna dos solo, responsável pela reciclagem de nutrientes e macro e micro elementos fundamentais ao crescimento vegetal. Tudo indica que o sistema biodinâmico da Estância Demétria consiga manter esta microfauna e até fortalecê-la e diversificá-la pela recomposição sistemática do solo por práticas comprovadas de manejo e pelos preparados biodinâmicos, cuja função seria justamente de coadjuvante biológico, função esta impossível de ser comprovada dentro dos parâmetros do presente estudo. A avaliação emergética, da forma em que foi aplicada, não oferece subsídios nestas importantes questões, precisando-se por isto uma avaliação de fluxos de nutrientes e macro e micro elementos entre os vários componentes dos sistemas de produção estudados.

4.4.3.2 Demétria e Sto. Antônio inseridas no município de Botucatu

A Razão de investimento por Emergia (EIR) do município de Botucatu, ou seja, a razão da emergia investida pelas atividades humanas pela emergia residente dentro da economia municipal, definida pela equação: $\mathbf{IR_{Botucatu} = F / (R + N)}$, é de 1,65. Os investimentos humanos são 1,65 vezes maiores do que está sendo contribuído pelos recursos naturais. Qualquer processo de produção inserido dentro do sistema Botucatu, deveria, para tornar-se sustentável do ponto de vista da integração econômica ecológica, segundo a metodologia emergética, flutuar ao redor deste índice.

Assim, se a EIR da Demétria é de 2,75, ela, sendo 1,657 vezes maior da EIR do município, deveria tornar o processo de produção de hortaliças da mesma insustentável a longo prazo, a não ser que ela busque mercados externos a Botucatu que valorizem mais seus produtos, ou consiga preços substancialmente mais altos para ter uma Razão de Troca Emergética (EER), bem maior do que 1, como de fato está acontecendo (EER de 2,577), assim garantindo um retorno adequado de emergia para sua manutenção e sobrevivência.

A Chácara Sto. Antônio, porém, com uma EIR de apenas 0,88, ou seja 1,88 vezes inferior à do município, poderia até aumentar seus investimentos emergéticos no beneficiamento da sua propriedade (melhoria do solo, reposição de mata ciliar, etc.), para igualar à $EIR_{Botucatu}$.

Cabe aqui outra consideração. Temos visto que o consumo de água do rio, para esta unidade de produção de hortaliças, é muito alto. Por isto, poderia-se, usando outros métodos de irrigação diferentes da aspersão, reduzir substancialmente esta contribuição ambiental, que seria conservada para realizar mais em outros processos humanos ou naturais. Desta forma, aumentar-se-ia a EIR, provavelmente não necessitando-se de reajustes com a do município.

Este remanejamento emergético deve ser visto como uma intervenção corretiva nos sistemas de produção, para revitalização de fluxos naturais dos ecossistemas, criando equilíbrios dinâmicos entre ambiente e necessidades humanas, analogamente às intervenções dos pontos da acupuntura chinesa nos meridianos que regulam os vários órgãos nos sistemas do corpo humano. Naturalmente, as presentes disfunções não podem ser corrigidas apenas por mudanças nas metodologias científicas, nas suas aplicações técnicas e tecnológicas, mas por um conjunto de medidas de caráter educativo, administrativo, político e social que envolvam o estabelecimento gradativo e planejado de uma profunda consciência e vivência ecológica e a implementação

progressiva de suas implicações para sociedade e seus modos de produção.

A Densidade Emergética das duas fazendas é de 8,69 E12 sej/m2 para Demétria e 10,3 E12 sej/m2 da Sto. Antônio (Tabela 24).

Enquanto a Densidade Emergética Renovável é de 2,29 E12 sej/m2 para Demêtria e 5,42 E12 sej/m2 da Sto. Antônio (Tabela 24).

Tabela 24. Densidades Emergéticas da Estância Demétria e da Chácara Sto. Antônio.

Densidades Emergéticas	**Demétria**	**Sto. Antônio**
	sej / m^2	sej / m^2
Densidade Emergética	8,69E+12	10,3E+12
Densidade Emergética Renovável	2,29E+12	5,42E+12

O fato da Densidade Emergética da Demétria ser 3,79 vezes a Densidade Emergética Renovável, enquanto a da Sto. Antônio é apenas 1,9 vezes, denota uma maior dependência das contribuições humanas do sistema de produção de hortaliças da primeira, que poderá prejudicá-la se estas tornarem-se difíceis ou escassas.

4.5 *Modelo Generalizado de Sistema de Produção Agrícola*

Este simples minimodelo é uma generalização de um sistema de produção agrícola. O modelo, que trabalha com quantidades por hectare, basea-se em taxas de fluxo para, e vindo de, três componentes de estoques: estoque de solo (S), estoque de bens da fazenda (A) e o dinheiro da fazenda (M). O objetivo deste modelo é de averiguar a relação do crescimento econômico, estoque em M crescente, e do consequente aumento dos bens da fazenda (A), com a perda de solo, que torna-se uma componente importante para muitos sistemas agrícolas. Basta citar que dados de perda do solo, fornecidos pelo Instituto Agronômico de Campinas, IAC, chegam a registrar a perda de até 40 toneladas por hectare por ano para certas culturas no Estado de São Paulo (LOMBARDI, 1997 comunicação pessoal).

Na Figura 25 o processo de produção, está dividido em três seções, usa recursos naturais renováveis como inputs, vindo do lado esquerdo, importa bens externos (G - *Goods* em Inglês) ao sistema para integrar o estoque de bens internos (A - *Assets*), dos quais recebe uma contribuição, e importa mão-de-obra (L - *Labour*).

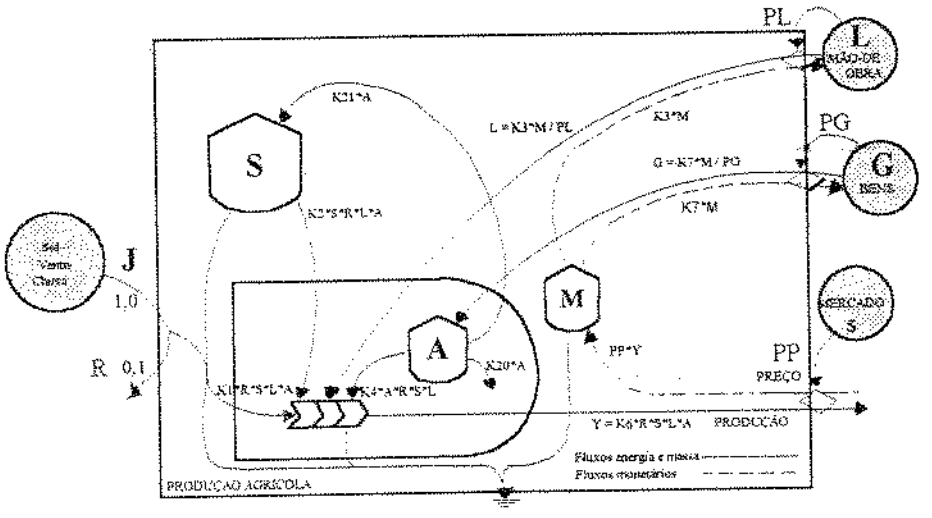


Figura 25 - Modelo generalizado de sistema de produção agrícola.

Assim, na produção de produtos agrícolas, investiga-se a relação entre a venda destes produtos

Tabela 25 - Modelo de simulação generalizado para produção agrícola. Cálculos em energia e massa. BASIC.

```
REM PRODUCAO HORTIGRANJEIRA - dados por hectare
 CLS
 SCREEN 12
 LINE (0, 0)-(639, 420), 15, B
 J = 1
        REM  Variaveis de Estado (estoques)
 A = 1:        REM Bens da fazenda/ha (X $1000)
 M = 200:      REM Estoque de dinheiro (X $100)
 S = 1000:     REM Estoque de solo fertil (x1000 kgs/ha)

 L = 15:       REM Mao-de-obra contratada
 G = 20:       REM Bens e servicos comprados
 Y = 100:      REM Producao hortigranjeira

 PP = 1:       REM Preco recebido pela venda dos produtos
 PG = .5:      REM Preco dos bens comprados
 PL = .5:      REM Preco da mao-de-obra contratada
REM    ESCALANDO SAIDA GRAFICA

 T0 = 1:       REM dividindo a largura da tela pelo maximo T
 A0 = .1:      REM dividindo a altura da tela pelo maximo A
 M0 = .017:    REM dividindo a altura da tela pelo maximo M
 S0 = .1:      REM dividindo a altura da tela pelo maximo S
 REM    COEFICIENTES

 K1 = .00158
 K2 = .0000767
 K3 = .143
 K4 = .0000175
 K6 = .175
 K7 = .108
 K20 = .1
 DT = .1

REM    EQUACOES

10 R = J / (1 + K1 * S * L * A)

  L = K3 * M / PL
  Y = K6 * R * S * L * A
  G = K7 * M / PG

  DA = K7 * M / PG - K4 * A * R * S * L - K20 * A
  DM = PP * Y - K3 * M - K7 * M
  DS = -K2 * S * R * L * A

  A = A + DA * DT
  M = M + DM * DT
  S = S + DS * DT

IF A < 0 THEN A = 0

  PSET (T * T0, 320 - S * S0), 15:   REM soil stock - BRANCO
  PSET (T * T0, 240 - A * A0), 5:    REM assets     - MAGENTA
  PSET (T * T0, 320 - M * P0), 4:    REM money      - VERMELHO

 T = T + DT
 IF T * T0 < 640 GOTO 10
SLEEP
END
```

para o mercado e a compra de bens e mão-de-obra para o funcionamento do sistema, como também investigam-se as relações entre sucesso ou fracasso do empreendimento, que reverte para o estoque de bens e insumos da unidade de produção. Outro aspecto importante, como já citado, é a relação entre o sistema de produção e a perda de solo devido ao seu uso agrícola.

A taxa de produção depende do preço de mercado (PP) para o produto, dos preços de bens e serviços (PG) e do preço da mão-de-obra (PL). No caso do sistema de produção de hortaliças da fazenda Sto. Antônio, cujos dados foram usados para calibração do modelo, parte do dinheiro recebido das vendas dos produtos é usado para pagar os materiais, insumos e equipamentos adquiridos para produção e para a mão-de-obra; parte é usado para as necessidades básicas da família e, finalmente, parte é incorporado em equipamentos e construções para fazenda.

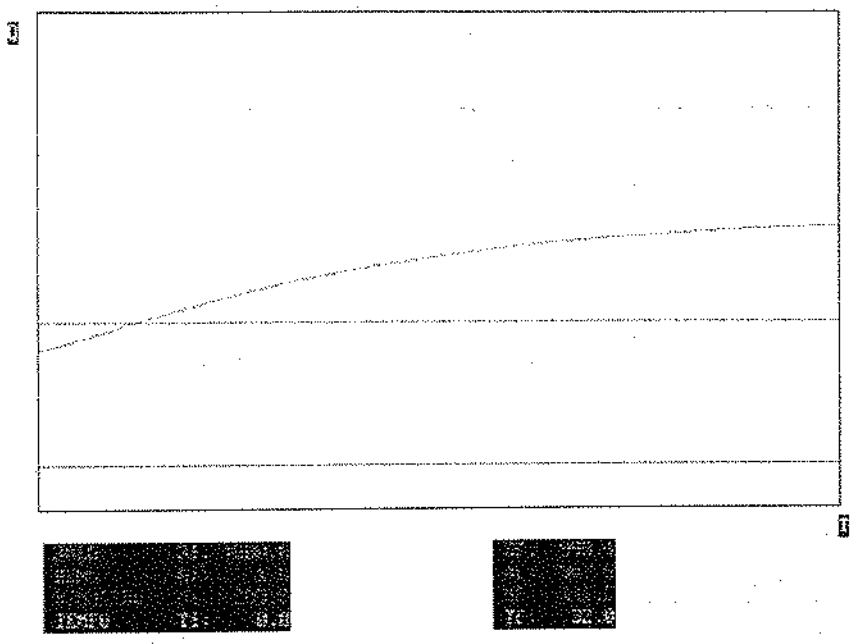
4.5.1 Padrões gerais

Assumindo que os dados disponíveis para as componentes sistêmicas sejam corretos, o modelo descreve uma situação econômica da fazenda em franco crescimento, o que é coerente com sua atual situação A Figura 26 traça o desempenho dos estoques, S (estoque de solo), A (estoque de bens da fazenda) e M (estoque de dinheiro).

O intervalo de tempo calculado foi para um período de 32 anos, para averiguar a relevância da perda de estoque de solo, que a 5 toneladas por hectare por ano é preocupante, mas não afeta demasiadamente um estoque total de 8000 toneladas por hectare, apresentando uma taxa de perda de 0,0044%. Ou seja, o gráfico não consegue demostrar perda num período tão curto, embora hajam perdas ambientais consideráveis.

A questão chave é que ambos estoques de dinheiro e de bens estão aumentando, **independentemente da perda de solo**, que não os afeta. Após 32 anos os bens (A) estabilizam num patamar de 9000 $/ha/ano, enquanto o dinheiro estabiliza-se bem antes, após 18 anos, com um estoque ao redor de 440 $, tendo começado com 200 $, ou seja, um aumento de 220%, o que representa 12,22% ao ano. De fato, atualmente, a fazenda está indo bem financeiramente.

Os resultados confirmam a preocupação que a perda de solo não é uma consideração importante para o agricultor neste tipo de sistema, pois seus lucros aumentam independentemente dela.



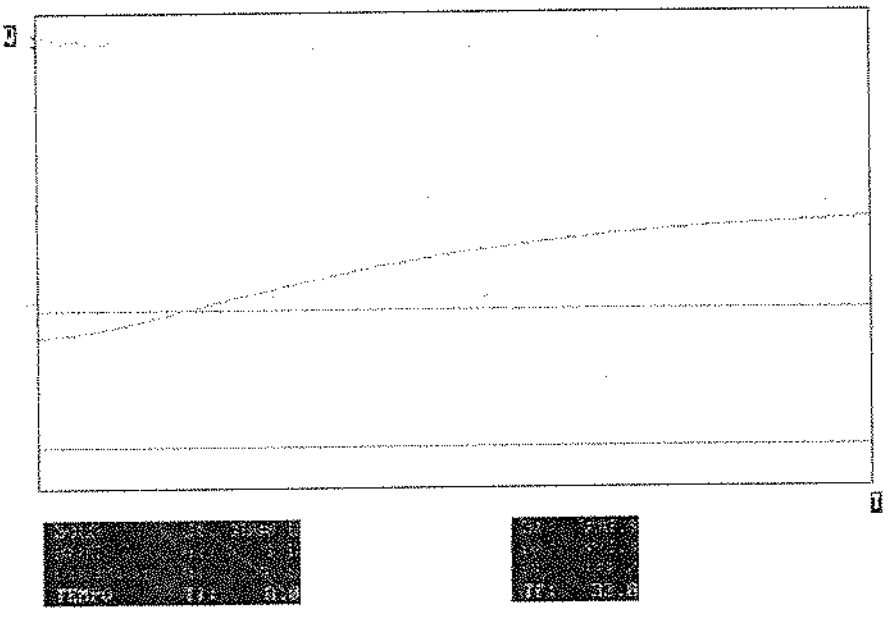
Estoque de Bens
da Fazenda
Ai = 1
Af = 903

Estoque de Solo
Si = 1000
Sf = 998

Estoque de
Dinheiro
Mi = 200
Mf = 441

Figura 26 - Simulação de 32 anos para o sistema de produção de hortaliças.

Simulando mudanças nas condições iniciais, descobre-se que os sistema reage com mais lentidão, no caso da diminuição do estoque inicial de capital (M = 20, em vez de 200, Figura 27), mas chega praticamente aos mesmos valores tanto de dinheiro como de bens após 32 anos. Quando muda-se o valor pago para bens e mão-de-obra adquiridos, triplicando seu preço, os bens nunca recuperam sua quota final, terminando num patamar de 300 $/ha, enquanto o dinheiro ainda atinge seu patamar de 440 $ (verificar Tabela 26).



Estoque de Bens
da Fazenda
Ai = 1
Af = 903

Estoque de Solo
Si = 1000
Sf = 998

Estoque de
Dinheiro
Mi = 20
Mf = 441

Figura 27 - Simulação de 32 anos para o mesmo sistema com estoque de capital diminuído para M=20.

Tabela 26 – Resultados da simulação baixando estoque inicial de dinheiro (M) e aumentando preços dos bens e insumos (PG) e mão-de-obra (PL) adquiridos.

Ano	S Estoque de Solo	A Estoque de Bens	M Estoque de Dinheiro	M inic.= 20 M original=200		PG=PL=1,5 PG e PL originais=0,5	
				A	M	A	M
0	1000,00	1,00	200,00	1,00	20,00	1,00	200,00
0,1	999,99	1,85	203,08				
0,5	999,98	5,38	226,37				
1	999,95	10,14	252,89				
1,5	999,92	16,24	280,45				
3	999,82	185,02	353,78	104,42	272,48	58,32	341,40
6	999,66	361,39	403,45	270,76	368,67	116,37	398,09
8	999,59	439,28	416,38				
10	999,46	548,47	428,65	473,77	417,09	179,32	426,84
15	999,20	709,73	438,11				
20	998,94	810,17	440,50				
25	998,73	859,02	441,01				
32	998,42	903,50	441,22	892,92	441,17	300,58	441,19

Introduzindo uma alça de retorno (*feedback*, coeficiente K21, na equação K21*A, que conecta o estoque de bens, A, com o do solo, S) para o estoque de solo, em forma de investimentos em práticas de sua conservação, mitigar-se-ia impacto da produção de alimentos no agroecossistema, investindo neste recurso da mesma forma que investe-se no desenvolvimento da estrutura da fazenda (casas, construções e equipamentos). De fato, segundo o modelo, após 8 anos, o solo ainda estaria a quota 999,73, em vez de 999,59, e em 32 anos a 1.000,01, sem mudanças significativas nos estoques de bens (A, 439,18, com 8 anos; 902,89, com 32), ou de dinheiro (M: 416,38, com 8 anos; 441,22, com 32), tendo-se recuperados totalmente.

4.6 *Modelo Emergético de Sistema de Produção Agrícola*

Uma outra perspectiva pode ser alcançada pelo uso de um modelo de fluxos de emergia (ver Figura 28), que contabiliza as mudanças das transformidades nos estoques em questão. Este modelo trabalha com fluxos de emergia em cada caminho, sendo que cada fluxo e cada estoque inicia, por convenção, com a letra 'E'.

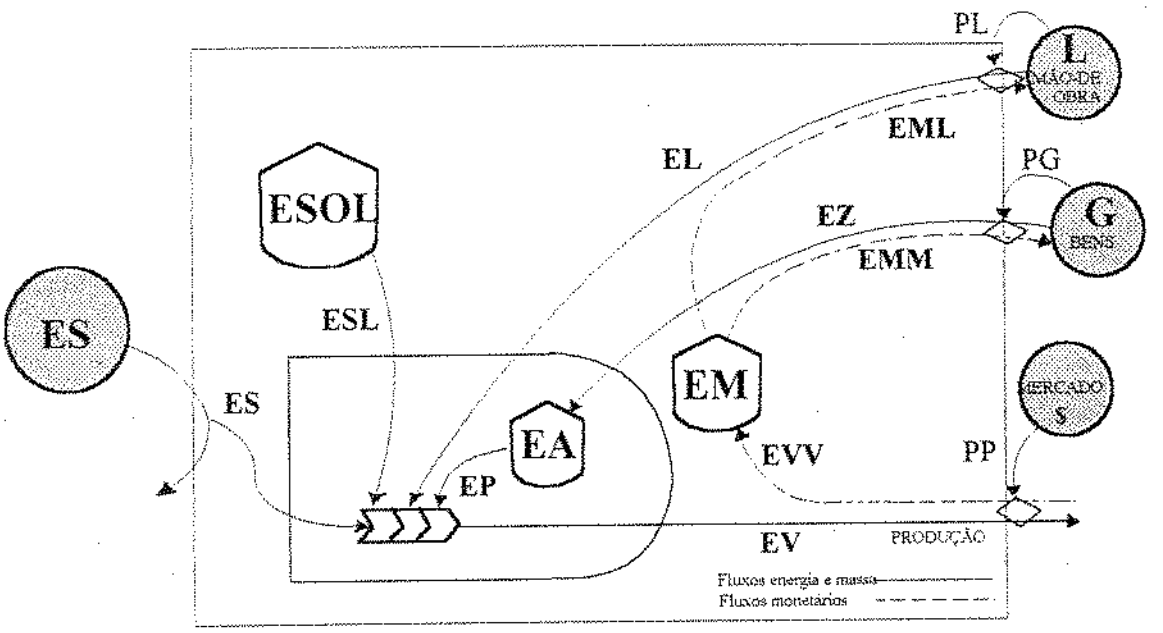
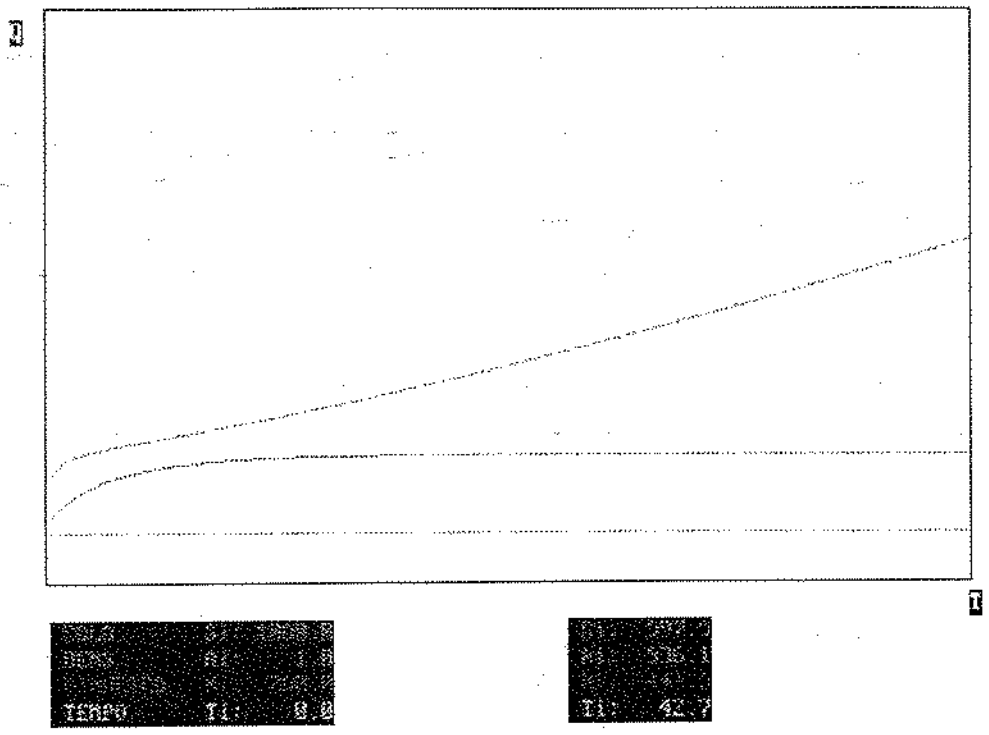


Figura 28 - Modelo emergético de sistema de produção agrícola.

No caso do sistema de produção de hortaliças da Chácara Sto. Antônio, as tranformidades dos estoques de bens da fazenda (A) continuam aumentando progressivamente, enquanto que a transformidade do estoque de dinheiro (M) aumenta rapidamente apenas inicialmente, mas atinge um patamar ao redor de 4,00 E12 sej/$, após 8 anos, estabilizando ao redor de 4,82 E12 sej/$ após 21 anos. Isto significa que o agricultor em questão está usando a estratégia certa em capitalizar na fazenda, trazendo para si emergias externa e aumentando seu estoque emergético, pois dinheiro se recompõe mais rapidamente do que benfeitorias. O que falta é sua preocupação com a perda de solo, que deveria receber o equivalente emergético em tratos do que está sendo perdido.



Transformidade
dos Bens
da Fazenda
Ai = 1,0
Af = 936

Transformidade
do Estoque de
Dinheiro
Mi = 200
Mf = 441

Transformidade do
Estoque de Solo
Si = 1000
Sf = 998

Figura 29 - Simulação de 32 anos para monitorar o aumento das transformidades do sistema de produção de hortaliças.

Tabela 27 - Modelo de simulação generalizado para produção agrícola. Cálculos em EMERGIA. BASIC.

```
REM PRODUCAO HORTIGRANJEIRA - dados por hectare - 16-08-98  18:30
CLS :                   REM cálculos eMergeticos
SCREEN 12
LINE (0, 0)-(639, 420), 15, B

 J = 1
          REM   Variaveis de Estado (estoques)
A = 1:          REM Bens da fazenda/ha (X $1000)
M = 200:        REM Estoque de dinheiro (X $100)
S = 1000:       REM Estoque de solo fertil (x1000 kgs/ha)

L = 15:         REM Mao-de-obra contratada
G = 20:         REM Bens e servicos comprados
Y = 100:        REM Producao hortigranjeira

PP = 1:         REM Preco recebido pela venda dos produtos
PG = .5:        REM Preco dos bens comprados
PL = .5:        REM Preco da mao-de-obra contratada

REM    ESCALANDO SAIDA GRAFICA

T0 = 15:                REM dividindo a largura da tela pelo maximo T
A0 = .1:                REM dividindo a altura da tela pelo maximo A
M0 = .7: REM dividindo a altura da tela pelo maximo M
S0 = 1000:              REM dividindo a altura da tela pelo maximo S
TRAO = 100000000000#
TRMO = 100000000000#
TRSO = 10000

     REM    TRANSFORMIDADES

TRJ = 1
TRA = 4.82E+12
TRM = 4.82E+12
TRS = 63000
TRL = 4.82E+12
TRG = 4.82E+12
TRVV = 4.82E+12
TREV = 4.82E+12

     REM    COEFICIENTES

K1 = .00158
K2 = .0000767
K3 = .143
K4 = .0000175
K6 = .175
K7 = .108
K20 = .1
DT = .1

REM    EQUACOES

10 R = J / (1 + K1 * S * L * A)

  L = K3 * M / PL
  Y = K6 * R * S * L * A
  G = K7 * M / PG
```

```
DA = K7 * M / PG - K4 * A * R * S * L - K20 * A
DM = PP * Y - K3 * M - K7 * M
DS = -K2 * S * R * L * A

A = A + DA * DT
M = M + DM * DT
S = S + DS * DT

'IF A < 0 THEN A = 0

    REM    EQUACOES EMERGETICAS

DEA = EZ - EP
EA = EA + DEA * DT
TRA = EA / A

DEM = EVV - EMM - EML
EM = EM + DEM * DT
TRM = EM / M

DESOL = ESOL - ESL
ESOL = ESOL + DESOL * DT
TRS = ESOL / S

ES = TRJ * (K1 * R * S * L * A)
ESL = TRS * (K2 * R * S * L * A)
EV = TREV * (K6 * R * S * L * A)
EP = TRA * (K4 * R * S * L * A)
EZ = TRG * (K7 * M / PG)
EL = TRL * (K3 * M / PL)
EMM = TRM * (K7 * M)
EML = TRM * (K3 * M)
EVV = TRVV * (PP * Y)

PSET (T * T0, 320 - TRS / TRSO), 2:  REM estoque de solo - VERDE
PSET (T * T0, 320 - TRA / TRAO), 3:  REM bens          - AMARELO
PSET (T * T0, 320 - TRM / TRMO), 1:  REM dinheiro      - VERMELHO

T = T + DT
IF T * T0 < 640 GOTO 10
SLEEP
END
```

5.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Comparando Unidades de Produção Agrícola em Pardinho

5.1.1 Introdução

Usando dados de 1997, após os estudos individuais de 11 fazendas no município de Pardinho, seus índices emergéticos foram comparados para analizar os padrões da agricultura regional e para verificar suas possíveis tendências.

Para reduzir as variáveis do sistema, as fazendas foram selecionadas em áreas adjacentes com meso-clima similar e com características do solo parecidas. As contribuições ambientais consideradas foram: precipitação, perda de solo, implicada pelo tipo de uso do solo, água usada dos córregos cruzando as propriedades ou das minas dentro delas. As contribuições humanas consideradas foram: sementes, fertilizantes químicos, pesticidas e herbicidas, combustíveis e eletricidade usados, mão-de-obra para o manejo da propriedade e do trato aos animais, bens e serviços adquiridos e bens estocados na fazenda. Vários índices emergéticos foram calculados para a avaliação dos sistemas das fazendas: Transformidades, a Razão de Produção por Emergia (EYR - *Emergy Yield Ratio*), a Razão de Investimento por Emergia (EIR - *Emergy Investment Ratio*), a Razão de Carga Ambiental (ELR - *Environmental Loading Ratio*) e o Índice de Sustentabilidade (SI - *Sustainability Index*). Estes índices medem a contribuição de um produto à economia, comparam seu desempenho com outras atividades econômicas, medem a carga relativa no ambiente e verificam a relação custo/benefício dos sistemas.

A transformidade do leite mostrou uma grande variação, de acordo com o tipo de fazenda, desde 0,85 E6 sej/J (Chácara Cabeceira do Rio Pardo, com 50,8 ha) até 6,48 E6 sej/J (Chácara Moraes, com 38,7 ha), quase 8 vezes o valor, mas na faixa de valores característica para produtos de origem animal. As transformidades da carne de boi foram menores, entre 1,58 E6 sej/J para Chácara Mariana (24,2 ha), e 1,35 E6 para o Sítio Maria Branca (48,4 ha). Isto é devido ao uso de uma infra-estrutura quase que inexistente e uma baixa manutenção dos animais que são

deixados livres para pastar. A transformidade dos porcos foi calculada em detalhe para apenas uma fazenda, Chácara Vale do Sol, com 26,6 ha, resultando num valor de 5,17 E5 sej/J, com mínimos inputs externos.

Em termos gerais, vários índices emergéticos mostraram consistência entre si, em ordenar as fazendas em termos de sustentabilidade. Observou-se que sistemas simples e diversificados, com baixas razões entre inputs adquiridos e contribuições ambientais gratuitas, poderiam ser mais sustentáveis a longo prazo, se conseguirem manter suas estruturas atuais. Isto quer dizer uma Razão de Investimento por Emergia gratuita (EIR) perto de um (1).

Os resultados foram comparados com os índices regionais para verificar a probabilidade destes sistemas agriculturais sobreviverem economicamente dentro da região. Os resultados mostram uma região coma uma Razão de Carga Ambiental razoavelmente intensa (EIR = 4,9), e as fazendas com um valor médio abaixo deste nível (EIR = 1,58). Assim, no caso do fornecimento futuro de energia (combustíveis, eletricidade, insumos derivados de petróleo) a preços baixos, estes sistemas não poderiam competir com os mais intensivos na região, mas se estas energias não fossem facilmente disponíveis, estes sistemas rurais irão sobrepujar os outros mais energetico intensivos. Para evitar falência a prática dos agricultores desencoraja uma modernização demasiado rápida e eles são bastante prudentes em relação às mudanças das tecnologias de produção de leite, que são mais intensivas e dependentes de fontes de energia externas.

Das 14 fazendas visitadas no município de Pardinho, 11 foram avaliadas usando a metodologia emergética. 9 delas eram produtoras de leite, enquanto 6 produziam carne de boi ou de porco, ou tinha avicultura, 7 tinha cultivos de milho para complementar a ração do gado.

5.1.2 Comparando Razões Emergéticas para as 4 categorias de fazendas

Quando compararam-se estas razões para as 11 fazendas estudadas, 4 categorias principais puderam ser distiguídas de acordo com as simililaridades nas razões acima e nas suas assinaturas emergéticas (Tabela 28).

Tabela 28: Comparando Razões Emergéticas para avaliação das unidades de produção.

#	Equações	*Economia / Ambiental Gratuira.* EIR (M+S)/(R+N)	*Não-renovável./ Renovável* NRR (N+M)/R	*Serviços/ Ambiental Gratuira.* SFR S/(N+R)	*Serviços/ Outros Inputs* SRR S/(R+N+M)	*Desenvolvida/ Ambiental Gratuira.* ELR (N+M+S)/R
	Fazendas com Baixas Razões entre Inputs Adquiridos para Inputs Gratuitos e entre Razões Desenvolvidas/Ambientais					
6	Sítio Maria Branca	**1,24**	1,15	0,17	0,08	**1,32**
11	Sítio Paraíso	**1,11**	1,05	0,09	0,05	**1,15**
	Fazendas parecidas entre investimentos e contribuições ambientais					
1	Fazenda Água Santa	**1,36**	1,24	0,59	0,34	**1,99**
3	Chácara Livramento	**1,39**	1,00	0,48	0,25	**1,50**
7	Chácara Moraes	**1,18**	1,00	0,34	0,19	**1,38**
	Fazendas com maiores investimentos comparados às contribuições ambientais					
5	Chácara Mariana	**3,40**	1,13	2,33	1,12	**3,52**
8	C.Cabeceira Rio Pardo	**2,87**	1,31	1,64	0,74	**3,02**
9	Fazenda Tijuco Preto	**4,50**	3,68	1,38	0,34	**5,28**
13	Sítio Atalho Coxo	**2,13**	1,43	0,83	0,36	**2,31**
14	Chácara Bom Retiro	**2,45**	1,77	0,77	0,29	**2,57**
	Fazendas com baixo uso de mão-de-obra, mas altos insumos de fertilizante químico					
12	Chácara Vale do Sol	2,10	**3,21**	**0,06**	0,02	3,30

1. Fazendas onde todos os **índices são consistentemente similares.** O Sítio Maria Branca e o Sítio Paraíso mostraram uma baixa razão de Emergias Adquiridas por Emergias Gratuitas (1,24; 1,11) e Razões entre Emergia Desenvolvida e Ambiental (1,32; 115, respectivamente).

2. Fazendas com **proporções similares entre investimentos** em mão-de-obra, bens e serviços, bens e investimentos da fazendas,trato dos animais **e contribuições ambientais.** Neste grupo estão a Fazenda Água Santa, a Chácara Livramento e a Chácara Moraes, com a razão de Emergias Renováveis para Não-renováveis perto de 1 (1,24; 1,00; 1,00) e razões de Emergias Desenvolvidas para Ambientais de 1,99, 1,50 e 1,37.

3. Fazendas com **maiores investimentos comparados com as contribuições ambientais,** uma maior Razão de Emergias Adquiridas para Emergias Gratuitas (2,87 a 4,5), as maiores razões de Serviços para Recursos (0,29 a 1,12), e as mais elevadas razões de Emergias Desenvolvidas para Emergias Ambientais (2,31 até 5,26). Em todas estas fazendas os valores da mão-de-obra eram muito altos relativamente aos das contribuições ambientais. A Chácara Mariana, a Chácara Cabeceira do Rio Pardo, a Fazenda Tijuco Preto, o Sítio Atalho Coxo e a Chácara Bom Retiro todas entraram nesta categoria.

4. Uma fazenda, a Chácara Vale do Sol, com **baixo uso de mão-de-obra** (Razão de Serviços para Recursos de 0,02), mas **altos inputs de fertilizantes químicos, e a mais elevada proporção de perda de solo,** elevando a Razão de Emergias Desenvolvidas para Emergias Ambientais ao valor de 3,3.

5.1.3 Avaliando os Índices de Sustentabilidade das Fazendas

Uma medida agregada da Produção e da Carga Ambiental foi desenvolvida (BROWN e ULGIATI, 1997) como a razão entre a Razão de Produção por Emergia (EYR) pela Razão de Carga Ambiental (ELR). O índice EYR/ELR, definido como o Índice de Sustentabilidade (SI), descreve a habilidade do processo em explorar os recursos locais com uma boa combinação entre os inputs de emergias não-renováveis e renováveis. Maior o índice, mais ambientalmente sadio torna-se o sistema.

5.1.4 Relacionando Índices de Sustentabilidade (SI) com as Razões dentro das Categorias de Fazenda

A Tabela 29 mostra as fazendas em ordem decrescente de sustentabilide ecológica. Os dados são plotados na Figura 30. Os índices SI, %R e EYR mostram uma correlação direta com a sustentabilidade ecológica. A Razão de Carga Ambiental, ELR, mostra um desenvolvimento oposto, como função inversa à sustentabilidade. Os Serviços diminuem enquanto o Índice de Sustentabilidae aumenta.

Tabela 29: Comparando os Índices Emergéticos das fazendas produtoras de leite em Pardinho-SP.

#	Fazendas	SI Benefício/ Custo EYR/ELR	%R Renovável/ Emergia Produzida R / Y	EYR Emergia Produzida/ Economia Y / F	ELR Desenvolvida/ Ambiental (N+F)/R	SYR Serviços/ Emergia Produzida S / Y	Y Emergia Produzida	S Área (ha)
Fazendas com baixos insumos								
11	Paraíso	**1,66**	**0,47**	**1,91**	1,15	0,04	21,8	72,6
6	Maria Branca	**1,37**	**0,43**	**1,81**	1,32	0,08	23,7	48,4
7	Moraes	**1,35**	**0,42**	**1,85**	1,38	0,16	24,2	38,7
2	Livramento	**1,15**	**0,40**	**1,72**	1,50	0,20	25,4	48,4
1	Água Santa	**0,87**	**0,33**	**1,74**	1,99	0,25	30,3	387,2
Valores Médios		**1,23**	**0,41**	**1,80**	1,47	0,15	25,1	**99,1**
Fazendas com altos insumos								
13	Atalho Coxo	**0,64**	**0,30**	**1,47**	2,31	0,26	33,48	66,6
14	Bom Retiro	**0,55**	**0,28**	**1,41**	2,57	0,22	36,32	29,0
8	Cabeceira	**0,45**	**0,25**	**1,35**	3,02	0,43	40,88	50,8
12	Vale do Sol	**0,45**	**0,23**	**1,48**	3,30	0,02	43,99	26,6
5	Mariana	**0,37**	**0,22**	**1,29**	3,52	0,53	46,09	50,8
9	Tijuco Preto	**0,23**	**0,16**	**1,23**	5,28	0,25	64,28	28,8
Valores Médios		**0,41**	**0,23**	**1,36**	3,30	0,24	43,79	**36,1**

Fazendas com baixos insumos

O Sítio Paraíso ficou com o mais alto Índice de Sustentabilidade (SI) de 1,66.

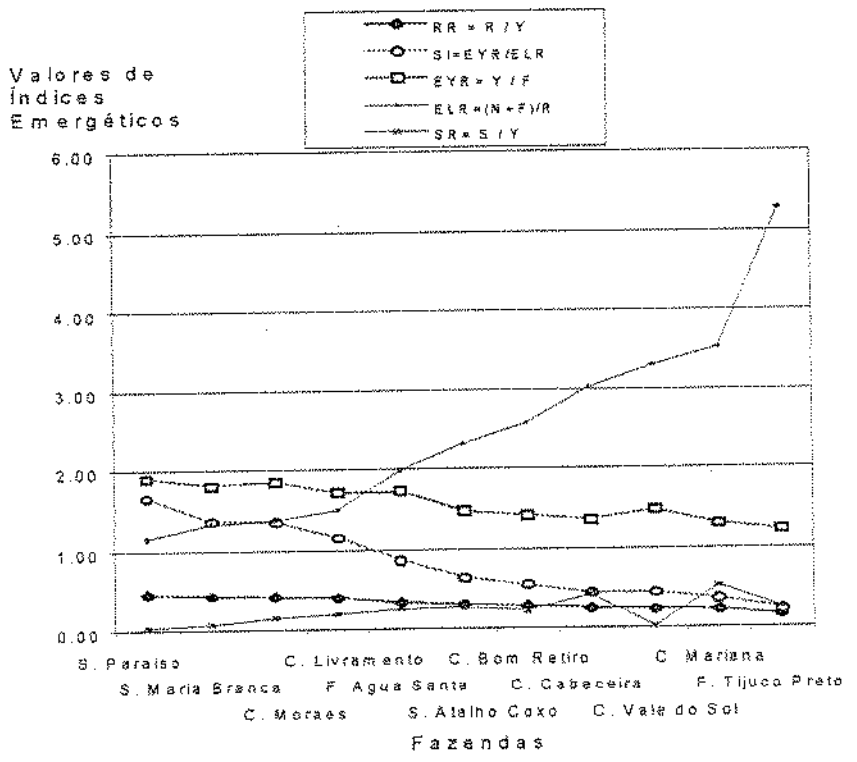


Figura 30 – Fazendas em ordem decrescente de sustentabilidade ambiental.

O Sítio Maria Branca seguiu com 1,37, a Chácara Moraes foi a próxima com 1,35, então a Chácara Livramento, com 1,24, e, finalmente a Fazenda Água Santa, com 0,87.

Fazendas com altos insumos

Os Índices de Sustentabilidade para as seguintes fazendas foram os piores, em ordem de SI decrescente: o Sítio Atalho Coxo (0,64), a Chácara Bom Retiro (0,55), a Chácara Cabeceira do Rio Pardo (0,45), a Chácara Vale do Sol (0,45), a Chácara Mariana (0,37), e a Fazenda Tijuco Preto (0,23).

A Chácara Vale do Sol, tem um baixo input de mão-de-obra, pois apenas dois irmão tocam a fazenda sozinhos, assim ela tem um valor baixo na razão de Serviços. Além disso, sua carga ambiental é muito alta, devido ao uso intenso de fertilizantes químicos e a maior proporção, comparada a outras fazendas, em perda de solo devido à alta declividade e técnicas agrícolas pobres.

5.1.5 Transformidades do Leite para as diferentes fazendas

A Transformidade é definida como o quociente da Emergia de um produto dividida pela sua energia (H.T. ODUM, 1976b, 1988), ela é expressa em emjoules por Joule (sej/J, *solar Emergy Joules* per Joule). É a Emergia solar necessária para produzir um Joule de um serviço ou produto.

Maior o número de transformações de energia que contribuem a um produto ou um processo, maior sua transformidade. A cada transformação a energia disponível é usada para produzir uma quantidade menor de outra forma de energia. Na medida em que a produção de energia, a Emergia por unidade energética aumenta. Maior a transformidade, maior a importância que ela poderia ter para os ecossistemas e para os seres humanos. Mas, os sistemas de produção poderiam ter diferentes transfomidades de acordo com as circumstâncias ambientais e econômicas.

Tabela 30 Tabela Comparativa das Unidades de Produção Avaliadas e suas Transformidades.

No.	Nome	Ha	Y / F	F / (R+N)	SI	Transformidade do Leite (sej / J)
11	Sítio Paraíso	72,6	1,90	1,11	1,66	1,81E+06
7	Chácara Moraes	38,7	1,85	1,18	1,35	6,48E+06
3	Chácara Livramento	48,4	1,72	1,39	1,15	2,25E+06
1	Fazenda Água Santa	387,2	1,74	1,36	0,87	2,17E+06
13	Sítio Atalho Coxo	66,5	1,47	2,13	0,64	4,52E+06
14	Chácara Bom Retiro	29,0	1,41	2,45	0,55	1,37E+06
8	C.Cabeceira R. Pardo	50,8	1,35	2,87	0,45	0,85E+06
12	Chácara Vale do Sol	26,6	1,48	2,10	0,45	1,78E+06
9	Fazenda Tijuco Preto	28,8	1,23	4,45	0,23	2,84E+06

As transformidades do leite para os diferentes sistemas de produção das fazendas foram calculadas para os sistemas individuais e são tabeladas na Tabela 29, em unidades de sej/J. Elas variaram desde a mínima de 0,85 E6 sej/J para o leite produzido na Chácara Cabeceira do Rio Pardo, até 6,48 E6 sej/J, para a Chácara Moraes.

A variação observada é devida a vários fatores, um deles está associado com o tipo de 'mistura' de sistemas de produção da fazenda, ou seja, a qual sistema de produção deu-se a prioridade. A Chácara Cabeceira do Rio Pardo tinha uma das mais altas médias de produção de leite por cabeça de gado, de7,45 litros/dia, que é considerada muito boa para a região (os animais são de raça rústica, tendo sido desenvolvidos para difíceis condições brasileiras e tem uma taxa de produção de leite relativamente baixa).No caso da Chácara Moraes, com a mais alta transformidade de leite calculada de 6,48 E6 sej/J, haviam apenas 20 animais, dos quais apenas 7 estavam produzindo leite. Tinha também criação de porcos e a fazenda tinha uma levemente maior produção de energia na carne suína, 1,94 E10 J, do que do leite produzido, de 1,44 E10 J.

A transformidade do leite tem um valor entre 2 E6 sej/J, mas com uma possível variação de 1 E6 sej/J, que poderia ser atribuída a uma análise incompleta do sistema de produção. Os dois pontos na plotagem com as transformidades mais elevadas são sistemas de produção de carne suína, com seus custos, sendo em ambos os casos um pequeno ítem no total do sistema de produção da unidade, podendo assim ser descartados. Como um padrão, pode-se esperar uma transformidade média do leite para região ao redor de 2 E6 sej/J.

5.1.6 Outras Transformidades

Algumas transformidades foram calculadas para carne bovina e suína. Carne suína variou de uma transformidade mínima de 0,52 E6 sej/J, na Chácara Vale do Sol (26.6 ha), onde pude-se realizar uma avaliação mais detalhada da transformidade, ao valor máximo de 7,61 E6 sej/J, na Chácara Mariana (24.2 ha), calculada como um processo dentro do sistema como um todo, que também conseguiu o menor Índice de Sustentabilidade de 0,38.

Apenas 2 fazendas criam gado para corte. Suas transformidades para produção de carne bovina foram 1,58 E6 sej/J, para Chácara Mariana (24.2 ha), e 1,35 E6 para o Sítio Maria Branca (48.4 ha). Embora a diferença seja pequena, os resultados são coerentes com seus respectivos Índices de Sustentabilidade de 0,38 e 1,46. Assim, aqui, uma maior transformidade para o mesmo processo está associada com um sistema menos eficiente. A transformidade para milho verde foi calculada para a Fazenda Água Santa, baseada em dados detalhados por hectare de um cultivo de 125 há, resultando em 5,21 E4 sej/J.

5.1.7 Tamanho das Fazendas

De acordo com o gráficos das Figura 31-33, não há uma correlação significativa entre o tamanho das fazendas e os índices emergéticos calculados.

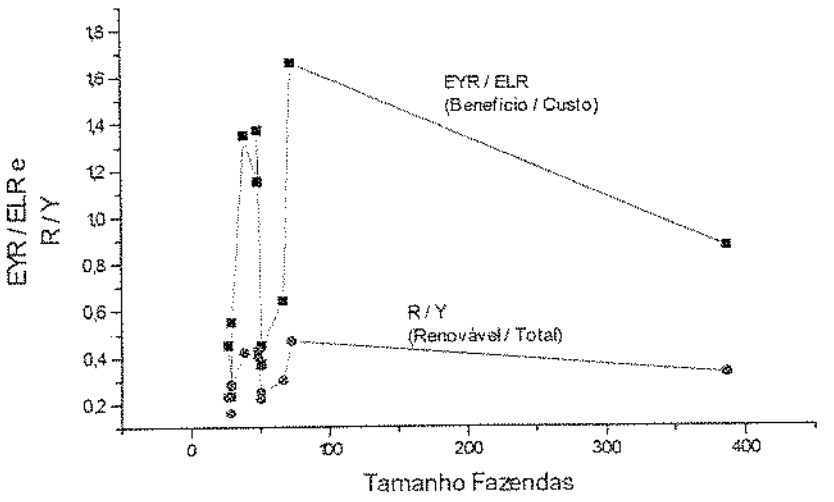


Figura 31 - Índices emergéticos, EYR/ELR e R/Y, em função do tamanho das fazendas.

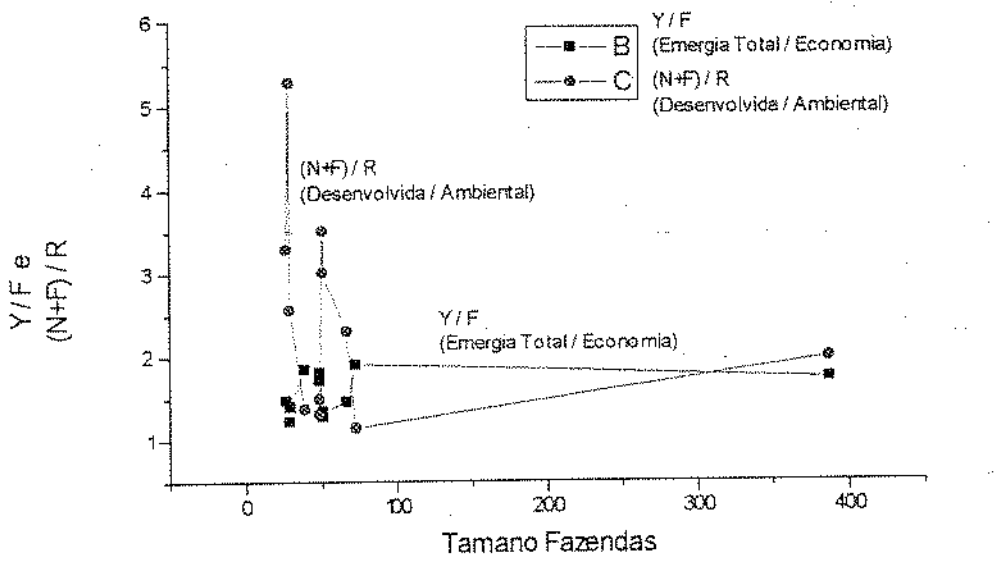


Figura 32 - Índices emergéticos. Y/F e (N+F)/R, em função do tamanho das fazendas.

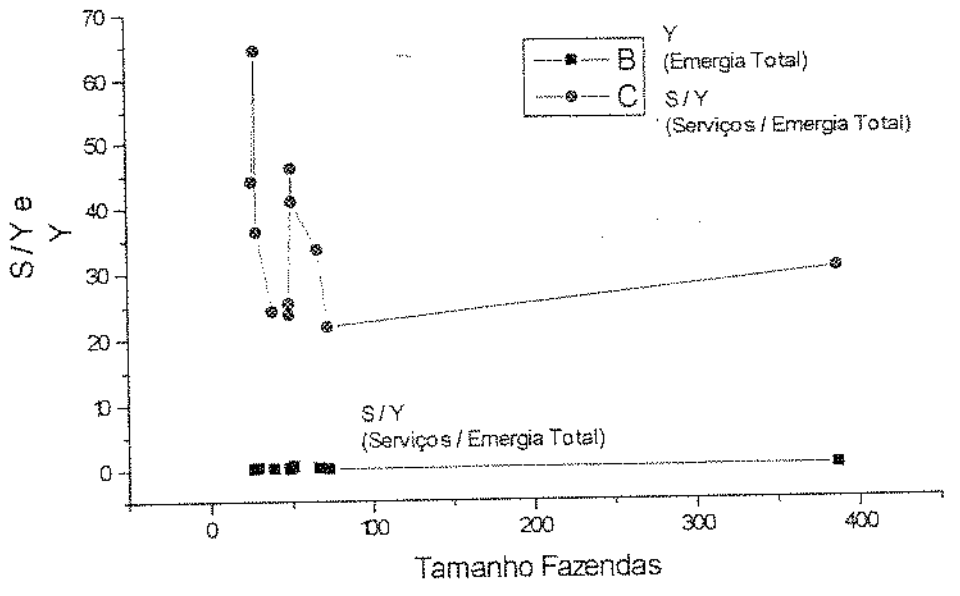


Figura 33 - Índices emergéticos S/Y e Y, em função do tamanho das fazendas.

5.1.8 Capacidade de Suporte Potencial das Fazendas

A Tabela 31 resume a capacidade relativa e potencial de suporte de cada fazenda de acordo com a Emergia que ela produz e a necessidade emergética por pessoa do Município de Pardinho, calculada em 1,62 E16 sej/pessoa, maior daquela de Botucatu (1,21 E16 sej/pessoa/ano).

Tabela 31: Comparando Capacidade de Suporte das fazendas produtoras de leite em Pardinho-SP.

	Área Ha	SI EYR / ELR	Emergia Total E15 sej/ano	Pessoa /fazenda	Pessoa /ha
Fazendas com Baixos Insumos					
Paraíso	72,6	1,66	158,5	9,78	0,13
Maria Branca	48,4	1,37	114,6	7,07	0,15
Moraes	38,7	1,35	93,6	5,78	0,15
Livramento	48,4	1,15	123	7,59	0,16
Água Santa	387,2	0,87	1173,4	72,43	0,19
Fazendas com Altos Insumos					
Atalho Coxo	66,6	0,64	222,8	13,75	0,21
Bom Retiro	29	0,55	105,5	6,51	0,22
Cabeceira	50,8	0,45	207,7	12,82	0,25
Vale do Sol	26,6	0,45	117,1	7,23	0,27
Mariana	50,8	0,37	111,5	6,88	0,14
Tijuco Preto	28,8	0,23	184,7	11,40	0,40

As fazendas com menos insumos tem menor capacidade de suporte humano, pois é a quantidade de emergia que, em última análise, sustenta a população naquele padrão de consumo. No caso de Pardinho, o uso de emergia per capita é de 1,62 sej/pessoa/ano.

A ínfima capacidade de suporte de pessoas por hectare, de apenas 0,13 a 0,40 indivíduos, denota o baixíssimo rendimento para a sociedade deste tipo de sistema de produção, que é também excludente de mão-de-obra. Embora esta seja uma alternativa adotada amplamente, é um grande desperdiço de recursos naturais e de território nacional com o agravante empobrecimento do solo. Notam-se, nestas áreas, além do problema das vossorocas e da degradação do pasto, uma alta densidade de cupinzeiros, sinal de degradação ambiental.

5.1.9 Algumas Conclusões Preliminares

Os dados levantados até o presente tem demonstrado que a Metodologia Emergética para avaliação de sistemas de produção é consistente no seu uso dos índices emergéticos e que estes últimos podem auxiliar em verificar o grau de sustentabilidade de unidades de produção agrícola, especialmente quando observados no seu contexto espacial e econômico regional (ver gráfico na Figura 30). Estudos complementares estão sendo executados para levar em consideração os fatores econômicos dentro desta análise (ver a comparação dos sistemas de produção de hortaliças mais adiante).

Torna-se muito clara a ineficiência e desperdiço espacial e de recursos naturais dos sistemas de produção das fazendas leiteiras, quando avaliados à luz de sua contribuição para capacidade de suporte das populações humanas, desde 0,40 a 0,13 pessoas por hectare. Isto torna imperativa e urgente uma re-estrutucação de uso do solo regional e nacional, de acordo com cálculos de eficiência e consulta participativa de todos os setores e agentes envolvidos.

Cabe aqui ressaltar que questões de políticas públicas, que, levando em consideração o valor acrescido da produção agrícola, subsidiassem o setor agrícola, por meio de diferentes mecanismos como melhores preços para produtos, melhores procedimentos governamentais em relação com trocas comerciais internacionais, onde há pesados subsídios de produtos agrícolas, juntamente à práticas inibidoras de desgastes ambientais por impostos crescentes aos agricultores com práticas altamente impactantes, como a perda do solo, ou a descarga de fertilizantes e a retirada de matas ciliares, poderiam melhor dirigir esforços regionais para mitigar o impacto antrópico nestes dois municípios.

6.0 - CONCLUSÕES

6.1 Verificando os Objetivos Gerais

6.1.1 Comportamento sistêmico de unidades de produção agrícola e sua sustentabilidade

O objetivo de gerar informações sobre o comportamento sistêmico de unidades de produção agrícola e verificar seu grau de sustentabilidade ambiental e econômica de acordo com a metodologia emergética foi atingido.

Os diagramas sistêmicos ajudaram na fase da padronização da coleta de dados das unidades produtivas e esclareceram as ligações funcionais entre contribuições ambientais e investimentos humanos, delineando e quantificando emergeticamente as trajetórias dos fluxos de intercâmbio entre componentes. Desta forma, foi possível gerar informações quantitativas e qualitativas sobre o comportamento sistêmico destas unidades, como sua eficiência emergética (Y/F - emergia produzida / emergia expendida) e razão de carga ambiental do sistema (inputs humanos / contribuições dos recursos naturais gratuitos).

Esta padronização permitiu um processo comparativo que ordenou as unidades por seu grau de sustentabilidade de acordo com seu Índice de Sustentabilidade (SI), razão entre eficiência emergética (emergia produzida / emergia expendida) e razão de carga ambiental do sistema (inputs humanos / contribuições dos recursos naturais gratuitos).

Os modelos de simulação energética e emergética possibilitaram uma visão da dinâmica da inserção econômica dos produtos agrícolas no mercado e do possível raciocínio do produtor sobre lucro e custos de produção em relação ao desgaste dos recursos naturais. No caso estudado da produção convencional de hortaliças, ambos estoques de dinheiro e bens estavam aumentando numa taxa de 12,22% ao ano, **independentemente da perda de solo**. Este resultado confirmou o fato de que a perda de solo não é uma consideração importante para o agricultor, neste caso, pois seus lucros aumentam independentemente dela. A conscientização do agricultor torna-se, então, mais difícil.

6.1.2 Escopo, contribuições e limitações da metodologia emergética

A metodologia emergética como proposta por Howard T. Odum (1996) proporcionou uma forma de avaliar quantitativamente as contribuições dos recursos e serviços ambientais aos processos de produção agro-industriais estudados, permitiu a elaboração de índices relativos para uma definição dinâmica de sustentabilidade ambiental dos processos avaliados, e ofereceu subsídios para políticas públicas na mitigação do impacto antrópico causado pelas atividades agrícolas. Por meio dos diagramas sistêmicos, e das simulações e modelagens a partir de suas agregações, torna-se mais fácil entender as funções forçantes nos agroecossistemas, que tipo de interações existem ao longo do tempo entre atividades humanas e biológicas e que padrões de desenvolvimento humano tem características mais sustentáveis. Outra contribuição desta forma de pensamento sistêmico é sua facilidade de leitura que se presta à necessidade de pesquisa multi e transdisciplinar.

Existem atualmente, porém, sérias limitações na metodologia que deverão ser resolvidas na medida em que ela vem as ser aplicada mais amplamente. A primeira é a questão da **inserção de uma atividade de produção no mercado capitalista**. Na teoria, aceita-se que o sistema comercial e financeiro é competitivo e evoluiu de tal forma que tornou-se auto-regulador. Ou seja, toda e qualquer ação de um determinado agente que tiver êxito é copiada pelo sistema, e todo e qualquer impacto que esta ação tiver no sistema será acompanhada por uma série de ajustes estruturais ou específicos. É o caso do uso dos combustíveis e derivados do petróleo: a lógica é que estão dando certo para a sociedade, pois maiores volumes de trabalho são realizados com menores investimentos em mão-de-obra e infra-estruturas em menor tempo. Este comportamento é emulado em todas instâncias caracterizando um 'passo evolutivo' no andamento do sistema como um todo. Para tornar-se competitivos no mercado internacional, os países precisam investir no uso maciço do petróleo, pois, de acordo com os cálculos e resultados de trabalhos específicos (OUDM e ODUM, 1983, 1987), o petróleo, como combustível, tem garantido um retorno de 7 unidades emergéticas para cada uma unidade nele investida, sendo que 6 unidades emergéticas são liberadas para gerar benefícios na economia.

Odum (1996) declara que os países deverão agora cursar um caminho de uso decrescente destes combustíveis ainda mantendo um desenvolvimento das suas sociedades. Ele criou o conceito de uma '*Prospera Trilha de Diminuição no uso dos recursos*' ('Prosperous way down'),

que segue essencialmente a busca de processos mais sustentáveis. Para tanto, o padrão do desenvolvimento estaria ligado aos recursos naturais renováveis (R - *'Renewables'*) e à promoção de seu uso. Os índices emergéticos estão de fato indicando a quase total dependência da sociedade e seus meios de produção, inclusive de energia, dos recursos naturais não-renováveis (N - *'Non-renewables'*), e o índice de sustentabilidade, SI, claramente incentiva o uso de fluxos renováveis de energia, mas o modelo de desenvolvimento e o Status quo do sistema quase não são questionados baseando-se no fato que haverão de redirecionar-se naturalmente quando a escassez de recursos tornar-se-á crítica. Ou seja, como todo sistema retro-alimentado e dinâmico, haverão reajustes na hora 'h'.

Como abordado na discussão sobre o conceito de capacidade de suporte, para Odum a sustentabilidade é relativa a ciclos recorrentes de abundância e escassez:

"Observa-se que o mundo real pulsa e oscila. Existem estados estacionários oscilatórios...Se o padrão oscilatório é o normal, então a sustentabilidade envolve o manejo e a adaptação para as freqüências oscilatórias do capital natural de melhor desempenho. A sustentabilidade poderá não significar o nível estacionário da curva sigmóide clássica, mas o processo de adaptação à oscilação." (ODUM, 1994)

A faculdade adaptativa da sociedade humana é aqui solicitada a funcionar no seu pique!

Outro aspecto que não foi possível desenvolver neste trabalho, até porque a metodologia emergética está evoluindo agora novas ferramentas para tanto, é a questão dos **custos das 'externalidades'**, ou seja, o que a sociedade paga para poluição, principalmente dos recursos hídricos na agricultura, para o assoreamento dos rios e para todos os efeitos negativos do impacto antrópico. UGLIATI et al. (1995) propõem uma Razão de Produção por Investimento emergético que inclua estes custos associados com o uso de um recurso e não apenas na sua produção. Infelizmente esta inovação metodológica não está ainda disponível e não pode ser avaliada na sua abrangência e relevância.

Há um questionamento sobre o reducionismo no processo de conversão de dinheiro em emergia. Considero esta uma das virtudes da metodologia, pois o dinheiro torna-se aqui apenas um referencial. A quantidade de emergia associada com um dólar que circula numa determinada economia nacional é calculada a partir do influxo e saída anual de todas as emergias, naturais ou não, ou seja, o balanço emergético nacional. Este valor emergético global, então expresso em Joules de emergia solar por ano (sej / ano) é dividido pelo Produto Nacional Bruto, em dólares

americanos, do ano em estudo (ou para o qual existem dados estatísticos confiáveis). Emerge, então, o 'Em-Dólar' que é apenas uma referência para poder comparar valores e referenciar bens e serviços, inclusive comparando países no seu valor de troca emergética: quanto sai em emergia por quanto é pago em dinheiro; uma relevante questão de justiça comercial internacional.

A dificuldade conceitual e filosófica ocorre quando este valor é usado para avaliar a capacidade de suporte de um determinado processo ou desenvolvimento dentro dos índices emergéticos regionais, ou municipais. A teoria reza que a Razão de Carga Ambiental, ou seja, a razão entre emergias não-renováveis para renováveis ([N + F] / R) de um processo reflete o estresse ou carga potencial de uma atividade ou desenvolvimento quando comparada à da região, outros cálculos decorrentes disto são usados para definir a capacidade de suporte da região para este tipo de desenvolvimento. Para esclarecer o uso adequado deste aspecto da metodologia, torna-se necessário um aprofundamento em estudos de caso que estão fora do escopo deste trabalho.

6.2 Verificando os Objetivos Específicos

6.2.1 Relevância e eficiência das contribuições das unidades de produção agrícola à sociedade

Entre os objetivos específicos, a relevância e eficiência das contribuições da produção agrícola das unidades de produção estudadas à sociedade em geral foram avaliadas usando os índices emergéticos e considerando a inserção destas unidades no seu ambiente e na economia regional da qual fazem parte. Especificamente, a Razão de Produção por Emergia (EYR - *'Emergy Yield Ratio'*, Y/F) como indicadora do rendimento do processo, oferece uma medida da sua habilidade de explorar os recursos locais. Assim, ela registrou a contribuição do produto à sociedade em geral, sendo que, acima da unidade haveria contribuição, ou seja com $Y/F > 1$. Pois, neste caso, o que foi produzido gerou mais emergia daquela necessária à sua geração, disponibilizando assim emergia para a economia. Com $Y/F < 1$, haveria um dreno do processo nas emergias das região que deveriam subsidiá-lo de alguma forma, tendo ele assim um desempenho negativo. Em todas fazendas do município de Pardinho, a EYR foi superior à unidade (1), indicando que todas estavam contribuindo emergia à sociedade. Também, na medida em que a EYR baixava por fazenda, aumentava correspondentemente sua Razão de Carga Ambiental (ELR - *'Environment*

Loading Ratio', [N + F] / R), ou seja, um maior impacto nos recursos naturais e uma maior razão entre o uso de recursos não-renováveis e renováveis (N/R ou F/R) diminuiu a contribuição da unidade para sociedade. Esta ineficiência do uso dos recursos ecológicos disponíveis registrou-se também no aumento das transformidades para a produção do leite.

Outros índices emergéticos caracterizaram as relações de troca entre os produtos e o mercado, enquanto outros indicadores verificaram o grau de dependência destes sistemas de produção dos recursos naturais não-renováveis.

6.2.2 Comparação emergética de sistema de produção agrícola alternativo com convencional

Como as regras do jogo estão ligadas ao aumento da proporção de contribuições emergéticas renováveis, mantendo o mesmo nível de produção, qualquer processo que ajude neste sentido vai melhorar o desempenho sistêmico e a eficiência ecológica do processo em si. É o caso do uso de processos biológicos, que são renováveis e gratuitos, em sistemas de produção agrícola de natureza orgânica, onde o potencial biológico e da biodiversidade é explorado ao máximo. Assim, a Razão de Carga Ambiental (ELR) forçosamente diminui, pois aumenta o denominador na equação ELR = (F + N) / R.

Infelizmente isto não se dá na comparação da produção de hortaliças pelo sistema convencional da Chácara Sto. Antônio com a Fazenda Demétria, que usa o sistema orgânico da filosofia biodinâmica para a mesma cultura. Pois, devido aos altos custos administrativos de quase 40% do total emergético do processo de produção, superior até ao uso de água para irrigação, de 25% do total emergético, a fazenda biodinâmica está perdendo em todos os aspectos menos no financeiro e no poder de troca emergética por ter preços para seus produtos de até 30% a mais do preço normal do mercado.

De fato, a performance da Chácara Sto. Antônio é de longe superior na:

- Razão de Produção por Emergia (EYR), 2,14 contra 1,36 da Demétria;
- Razão de Investimento por Emergia (EIR), 0,88 contra o mais 'carregado' 2,75 da Demétria;
- Razão de Carga Ambiental (ELR) de um bem mais 'leve' 0,89 contra 2,80 da Demétria;
- Índice de Sustentabilidade Ambiental (SI) de 2,39 contra apenas 0,49 da Demétria;

- Menor Transformidade da Hortaliça, de 2,37 E5 sej/J, contra 3,28 E5 da Demétria.

Um aspecto extremamente importante para questão agrícola é, porém, a questão do valor atribuido à produção de bens agrícolas que, invariavelmente, são subestimados pelo mercado que não contabiliza o trabalho do ambiente e a contribuição dos recursos naturais ao processo de produção. A **Razão de Troca Emergética (EER)** torna-se aqui fundamental para saber, avaliando quanta emergia está entregue nos produtos, qual é o valor mais realístico de troca entre produto vendido e seu preço de venda, ou seja, a razão da Emergia do produto pela Emergía paga por ele. Isto representa o poder de barganha entre a emergia embutida nos produtos vendidos e a emergia do que é recebido monetariamente (em equivalentes emergéticos).

Aqui a produção hortigranjeira da Demétria ganha de forma extravagante, pois esta razão é de 0,577, ou seja, como unidade de produção, esta chácara recebe em correspondentes monetários 1,79 vezes mais emergia do que produz. Comparada com a produção hortigranjeira da Chácara Santo Antônio, que tem uma razão de troca emergética de 2,577, esta produção de hortaliças está conseguindo um valor de troca extremamente alto e fora do comum para seus produtos.

Infelizmente a metodologia emergética não dispõe no momento de ferramentas para poder embutir a qualidade intrinseca do produto (nutritiva, de paladar, etc.), que o diferencie de outro da mesma espécie, e assim poder avaliar a produção agregando mais esta variável.

6.2.3 Bases metodológicas para avaliações de produção agrícola e agro-industriais

Uma leitura deste trabalho reconhecerá a importância desta abordagem em fornecer uma compreensão sistêmica adequada das relações homem/natureza, e principalmente a relevância da proporção recursos renováveis/recursos não-renováveis que determina o grau de impacto ambiental e a forma de aproveitamento do ambiente, ou seja, o gradiente de eficiência do sistema. O Índice de Sustentabilidade (SI) pode ser usado de duas formas para avaliar os processos locais ou as economias regionais nas quais os sistemas de produção estão inseridos:

a) comparar os diferentes sistemas ou economias regionais pra avaliar suas relativas sustentabilidades a longo prazo. Bem-estar econômico a longo prazo será melhor

alcançado pelo incentivo do uso de fluxos de emergia renovável, protegendo o ambiente por processos mais biologicamente equilibrados e minimizando a dependência de emergia adquirida externamente;

b) para seguir as tendências da economia ao longo do tempo. Mudanças neste índice sugerem que a sustentabilidade de uma economia aumenta ou diminui dependendo na direção da mudança do índice.

Na essência o Índice de Sustentabilidade é inversamente proporcional ao status do desenvolvimento econômico de uma nação ou região. Estudos (ULGIATI e BROWN, 1998) de várias nações demostraram que, por exemplo, o SI de Papua e Nova Guiné é mais alto do que os Estados Unidos, a Itália e Taiwan. Enquanto não há dúvida que as sociedades destas últimas nações disponham de mais escolha e melhor qualidade de vida de Papua, o nível de consumismo nestas outras nações, como medido pelo SI, é indicativo do alto uso de energias não-renováveis, volumosas importações de energia e materiais e grandes cargas ambientais, tornando a economia de Papua mais sustentável a longo prazo.

6.2.4 Subsídios a políticas públicas para pequeno, médio e grande agricultor

Pelo exposto acima torna-se claro que a tendência deveria ser para o desenvolvimento e uso de processos biológicos integrados, onde os sistemas de produção priorizam não tanto a quantidade da produção, mas a qualidade do manejo e a eficiência do rendimento pelo maior uso de recursos não-renováveis disponibilizado pelo ambiente e por técnicas orgânicas. O retorno a sistemas rotativos de colheitas e de pastos, com interações animais/plantas, com diversificação da produção e uma menor dependência de fontes exógenas de energia e insumos, incluindo alimentos e fibras básicas, pelo menos a nível regional, parece ser uma alternativa idônea para enfrentar as crises presentes e futuras e os custos crescentes de derivados do petróleo.

6.2.5 Material técnico de estudo

Parte deste trabalho poderá servir como material de estudo para técnicos de instituições públicas e privadas no tratamento de questões ligadas a sistemas de produção agro-alimentar. Diagramas e explicações poderiam ser simplificados para atingir um público mais vasto e variado na produção de manuais operacionais para verificar graus de sustentabilidade ecológica e econômica dos sistemas de produção planejados ou para avaliar os em funcionamento.

6.3 Considerações Gerais

Como verificado ao longo deste trabalho e devido à sua característica abordagem holística, a Metodologia Emergética é aplicada em várias escalas interrelacionadas, o que a torna um poderoso instrumento de análise sintética das questões em pauta. Esta sua capacidade de integrar de forma sistêmica num único conjunto dinâmico os recursos naturais, as verdadeiras bases de uma economia em qualquer escala, e os recursos humanos que os desfrutam, permite visualizar cenários diferenciados, cada qual com seu grau de impacto no ambiente e, consequentemente, na sociedade. Isto leva, naturalmente, a uma percepção aguçada da vida do homem no seu espaço geográfico e temporal, ou histórico, e coloca a equipe de pesquisa em condições melhores de definir políticas públicas de gerenciamento do ambiente e das atividades humanas nele inseridas.

Quando as contribuições dos recursos naturais e dos processos ambientais de apoio à vida humana são contabilizados nas relações de produção de alimentos, energia ou bens industrializados, tudo torna-se, de fato, mais caro. Começam a aparecer elementos e aspectos novos na investigação que levam naturalmente à definição de novos rumos nos estudos e a novas linhas de pesquisa.

Um exemplo bem claro é a descoberta das relativamente altas transformidades dos processos de produção de hortaliças, tanto no processo convencional da Fazenda Sto. Antônio quanto no inovador da Estância Demétria, enquadrado na linha de 'agricultura orgânica'. O por quê destas altas transformidades está, além de ser uma cultura intensiva em mão-de-obra, no **grande uso da água**, um recurso básico, natural, quase banal e despercebido, mas **muito caro em termos emergéticos**, como de fato deveria ser. As implicações deste fato são muitas, em todas as escalas de investigação, tanto em fomento de novas linhas de pesquisa em manejo e conservação deste

recurso vital, quanto em definição de políticas públicas que levem a uma diferenciação do seu uso e preços para fins residenciais, industriais ou de produção agrícola. Segundo ODUM, dever-se-ia privilegiar o meio rural por este estar ligado a um processo de produção de alimentos, e possivelmente de energia, e de retorno emergético para o ambiente. Também, seus dados, numa avaliação do Estado do Texas (ODUM e ODUM, 1987), demonstram que, num país altamente industrializado como os Estados Unidos, mais de 1/3 de todas as emergias circulando anualmente no país estão diretamente ligadas ao setor agrícola. Isto torna-se vital para um país como o Brasil que, embora conste como a oitava economia mundial, tem uma estrutura social de país subdesenvolvido, com graves repercussões no trato do ambiente natural.

Abordam-se as conclusões em 4 níveis, ou escalas, verificando suas implicações para políticas públicas e para novas linhas de pesquisa nestes níveis:

1. Escala internacional;
2. Escala nacional;
3. Escala regional;
4. Escala local ou do processo de produção.

6.3.1 Escala internacional

A análise das economias de outras nações (ODUM e ODUM, 1983) levou a uma classificação das economias nacionais baseadas nas suas exportações como nações "consumidoras" ou nações "provedoras". Se uma nação importa mais eMergia do que exporta, está classificada como uma nação "consumidora"; quando ela exporta mais do que ela importa, é uma nação "provedora". As nações provedoras podem ser ulteriormente classificadas na base da composição das suas exportações. As nações cujas exportações são compostas principalmente de matérias-primas (em quantidades maiores do que 50%) são "provedoras de recursos". Quando as exportações são compostas principalmente de produtos de qualidade elevada, ou intermediária, ou são produtos acabados, a nação exportadora é considerada uma "provedora de commodity" (BROWN e McCLANAHAN, 1992). O Brasil é então um provedor de recursos.

As reservas de recursos ainda disponíveis à nação e uma idéia do tempo necessário para esgotá-las, de acordo com as presentes taxas de extração e uso, deverão ser avaliadas. A razão

de produção líquida por emergia investida pelo investimento humano tenderá a cair na medida em que os recursos tornam-se mais difíceis de ser extraídos.

Em adição à previsão de uma queda na razão de emergia líquida há outros fatores que afetam a competividade dos nossos produtos no mercado internacional. Sua atratividade depende de seus preços e estes são mais baixos na medida em que existem maiores contribuições 'gratuitas' da natureza nos processos de produção, ou seja, menores razões de investimento humano por contribuição natural. O cálculo dos índices emergéticos esclarece quais seriam os melhores setores para continuar ganhando nesta equação.

Em nível de pesquisa dever-se-ia priorizar:

- Desenvolvimento de capacidades de modelagem econômica e ecológica globais, permitindo-nos ver a extensão de possíveis resultados de nossas atividades atuais. Economistas ecológicos podem exercer um papel central neste aspecto.
- Desenvolvimento de políticas que liderem para um não rápido declínio no estoque de capital natural. Estas políticas encorajarão uma inovação tecnológica, com a qual os otimistas estão contando, enquanto conservarão recursos no caso dos otimistas estarem errados. (CONSTANZA et al. 1991).
- Pesquisa é necessária na questão fundamental da capacidade de suporte de regiões e da biosfera, para tanto a análise energética é mais apropriada para abordar a questão.
- Impostos internacionais e incentivos econômicos precisam ser investigados na sua relação entre os fluxos de energia e dinheiro nas economias. Isto torna-se central à compreensão do papel da taxação nas políticas de conservação, emprego e crescimento econômico.
- Outro projeto importante deve investigar a relação de comércio e dominação econômica com a degradação ambiental das nações pobres.

6.3.2 Escala nacional

O Brasil é uma 'nação doadora', na terminologia da teoria emergética, pois exporta grandes quantidades de matéria prima em minérios, alimentos, energéticos (petróleo, que também importa), madeira, etc., recebendo um correspondente emergético bem menor (COMAR, 1994). Seu uso do solo é também extremamente irracional do ponto de vista emergético, basta citar a cana de açucar - tanto para açucar de exportação quanto para o álcool, cujo processo está com

um déficit em Emergia Líquida - o gado, perda em produtividade agrícola, biodiversidade, pela destruição constante de áreas florestais, piora na consistência do solo e nos recursos hídricos, prejudicados pelo lixiviamento induzido pela pastagem e a compactação do solo decorrente do seu uso. Cada um destes itens é passível de ser investigado à luz da teoria emergética.

Terá que se rever a questão agrícola, menores unidades agrícolas com tratores menores e uso mais produtivo da terra apoiando o trabalho manual, diversificando a produção e agregando valor aos produtos pela industrialização dos alimentos. Deverão ser usados também sistemas de produção agrícola com menores inputs de produtos químicos e derivados do petróleo reciclando dejetos e integrando diferentes sistemas de produção procurando uma transição destes sistemas para uma sustentabilidade das suas características ecológicas e biofísicas.

Em nível geral as implicações de carros menores, de sistemas de transportes coletivos mais atraentes e menos poluentes, de menores plantas de produção energética e sua cogeração, de conservação de água e energia, de uso eficaz das comunicações e da informática, de outras mudanças que aumentariam a eficiência dos processos econômicos, poderiam garantir até maiores ofertas de trabalho e vitalizar uma economia nacional não apenas em favor da diversificação das exportações, mas, principalmente, favorecendo autonomias regionais e locais.

Finalizando, as alternativas com maiores fluxos de emergia tendem a prevalecer pois suas contribuições à economia são mais ricas. O processo decisório público experimenta várias alternativas para observar sua utilidade. É um processo de erros e acertos onde procura-se usar o bom senso face à complexidade das condições. Em última análise, as alternativas de alta emergia serão aceitas pelo fato delas terem tido sucesso e terem sobrevivido. Acredita-se que a avaliação emergética pode predizer aquilo que eventualmente viria a ser a política aceita.

A nível de pesquisa dever-se-ia priorizar:

- estudos sobre perdas de biodiversidade como forma de avaliar o impacto da devastação animal e vegetal nos balanços emergéticos do país.
- O papel de equipamentos e dispositivos de conservação de energia e a busca de alternativas nas políticas energéticas a longo prazo deveria ser estudado usando ambas análises econômicas e técnicas de análise energética.
- Levantamento de transformidades para processos de produção agrícola e industrial a nível nacional e regional.

6.3.3 Escala regional

O município de Botucatu, encontra-se numa situação de empate com o restante da economia nacional, ou seja, o que aí se produz é igual, em termos emergéticos, ao que o município importa (Razão de Produção: Y / F = 0,96). Isto o coloca numa posição de equilíbrio, bastante privilegiada. A nível interno, porém, existem alguns problemas que precisam ser equacionados.

O principal é o uso de biomassa de madeira, especificamente de eucalipto, usada na fabricação de chapas duras para construção, que ocupa grandes extensões territoriais, deslocando populações vegetais e animais nativas. Pois esta espécie, natural da Austrália, desenvolveu defesas próprias que excluem possibilidades de convivência com espécies vegetais e animais nativas. Precisaria investigar o grau de sustentabilidade deste processo de produção numa comparação custo/benefício com outras alternativas do uso do solo, posto que praticamente toda esta biomassa sai do sistema Botucatu, empobrecendo seu solo e seus recursos naturais com duvidosos benefícios para região. A atual oferta de empregos deste sistema de produção deveria ser absorvida por outras atividades de produção, com vista às vocações regionais.

O segundo é a questão da fragilidade mecânica dos solos, com grande potencial de erosão pela ação antrópica mal direcionada e monitorada. Aqui precisam-se programas governamentais maciços de extensão rural, juntamente a facilitações fiscais e produtivas, incluindo uma política de preços mais justos para produtos agrícolas e crédito e subsídio rural à agricultura familiar, padrão da maioria das propriedades.

O terceiro é o grande potencial de poluição dos recursos hídricos e do lençol freático, pela lixiviação e infiltração de produtos químicos advindos de fertilizantes e defensivos agrícolas. Este problema junta-se ao da escassez de recursos hídricos se unidades de produção agrícola decidissem de adotar práticas de irrigação forçada. É importante lembrar a grande quantidade de água usada atualmente pelos processos de produção de hortaliças e pelas fábricas de chapa dura e compensados.

Assim, as linhas de pesquisa mais prementes seriam na questão da silvicultura e da conservação de solo e dos recursos hídricos, processos gêmeos inseparáveis.

6.3.4 Escala local ou do processo de produção

Unidades de produção agrícola mais diversificadas e com uma menor razão entre emergias compradas e naturais gratuitas demostraram-se mais sustentáveis segundo o Índice de Sustentabilidade (SI). Num mundo incerto nas suas relações internacionais, ambas políticas e comerciais, onde preços são ditados por grandes interesses multinacionais, não se pode correr riscos em praticar sistemas monoculturais, além dos problemas ambientais e de empobrecimento do solo que eles produzem. Emergias deveriam ser mantidas o mais possível dentro dos confins dos próprios sistemas de produção capitalizando na sua infra-estrutura e no manejo dos recursos naturais disponíveis, principalmente solo e água. Lembrando o exemplo da simulação para o sistema de produção hortigranjeiro da Chácara Sitio Santo Antônio, onde a manutenção de estrutura aumenta o estoque de emergia residente, que é a verdadeira riqueza de qualquer sistema. Desta forma, a unidade está mais apta para enfrentar tempos de crise e, ao mesmo tempo, pode manejar o solo de forma adequada à manutenção da sua biodiversidade, essencial aos seus processos bioquímicos, sem prejudicar o desempenho comercial e produtivo.

A nível de pesquisa, um desenvolvimento futuro seria verificar também como avaliar emergeticamente a qualidade dos produtos finais em sistemas de produção orgânica de alimentos, o que retiraria da análise a variável de altos insumos industrializados aplicados à produção agrícola atual (sistema convencional de agricultura).

6.3.5 *Desenvolvimentos futuros da Metodologia Emergética*

A Metodologia Emergética está ainda em fase gestativa, novas gerações de engenheiros ecológicos vão fornecer insumos para afinar suas ferramentas conceptuais e técnicas, estamos demasiadamente perto da sua concepção para enxergar seu desenvolvimento futuro. Está sendo utilizada em conjunto com os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) para adicionar uma camada de estoque emergético da paisagem estudada à base de dados geo e biofísicos, sócio-econômicos em estudos multi e transdisciplinares, algo que não pude ser realizado neste trabalho. Sua metodologia está longe de ser consolidada e, em franco desenvolvimento em vários centros no mundo, está abrangendo a questão dos custos das 'externalidades', ou danos ambientais, para contabilizá-los nos produtos e processos de produção. Não oferece, no momento, subsídios para avaliação da qualidade alimentar de produtos agrícolas. Ela não é, sem

dúvida, a salvação da lavoura, pois as disciplinas da sociologia do desenvolvimento, da economia associativa, do planejamento regional participativo devem também estar associadas num esforço de construção de uma cidadania mais consciente das leis ecológicas e dos relacionamento da sociedade como corpo político. No entanto, ela levanta a visão para algo maior, a interrelação entre todos os seres vivos e seu relacionamento com o ambiente que os acolhe e o reconhecimento da sua importância na matriz econômica da sociedade humana, conseguindo quantificar e contabilizar sistemicamente estas relações. Isto em si é um grande feito, o resto vai ser acrescido com as futuras contribuições científicas.

Em conclusão, descartar a visão biofísica, que usa principalmente a ferramenta da análise energética, e/ou da Engenharia Ecológica, tornar-se-ia suicídio econômico e ecológico, pois o paradigma da sustentabilidade veio para ficar, trilhando os rumos de uma nova racionalidade orgânica e holística. É possível, numa visão futurista e arregimentada de um super-estado supranacional, eqüitativo, livre de preconceitos, blocos comerciais e limitações alfandegárias, que tal estrutura e funcionamento reguladores venham a existir em face às reais limitações de recursos, incluindo principalmente água e terras produtivas. Mas, por enquanto é difícil se enxergar a adoção desta acomodação funcional pelos governos e suas sociedades e, mais ainda, a atitude de sacrifício pessoal e coletivo que tal mudança de paradigma exigiria.

7.0 - BIBLIOGRAFIA

1. ARGENTO, M.S.F., CRUZ, C.B.M. 1966. Mapeamento geomorfológico. Em: CUNHA, S.B., GUERRA, A.J.T. (Org.) Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. Cap. 9, p. 264-282.

2. ASSAD, E.D, SANO, E.E., MEIRELLES, M.L., MOREIRA, L. 1993. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica. In: ASSAD,E.D., SANO, E.E. (Ed) *Sistemas de Informações Geográficas:* aplicações na agricultura. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. Cap 4, p. 88-108.

3. AYRES, R. 1978. Resources, Environment, and Economics: Applications of the Materials/Energy Balance Principle. Wiley-Interscience, Nova Iorque.

4. AYRES, R. e NAIR, I. 1984. Thermodynamics and Economics. Physics Today, 25: p. 62-71.

5. BANCO MUNDIAL. 1995. "Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial 1995." Banco Mundial.

6. BANCO MUNDIAL. 1990. "Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial 1990." Banco Mundial.

7. BANCO MUNDIAL. 1980. "Relatório sobre o Desenvolvimento Mundial 1980." Banco Mundial.

8. BAPTISTA, M.B. da C. 1993. Princípios da Agricultura Alternativa. Anais do I° Simpósio de Agricultura Ecológica. IAC. 24 a 27 de Agosto de 1993. Campinas. Fundação Cargill. 429p.

9. BASIC, M., CARPINTEIRO, J.N., COSTA-LOPES, C. e E.ORTEGA. 1988. Novos Modelos de Empresa Agro-industrial e Políticas Públicas. Anais do II Encontro Nacional de Energia no Meio Rural, Campinas, UNICAMP. p. 70-76.

10. BECHT, G. 1974. Systems theory: the key to holism and reductionism. Bioscience, 24(10):

p. 579-596. 1974.

11. BEER, M. 1939. An Inquiry into Physiocracy. Russel and Russel, Nova Iorque.

12. BERNDT, E.R. 1985. From technocracy to net energy analysis: engineers, economists, and recurring energy theories of value. Em: A. Scott (Editor), Progress in Natural Resource Economics. Oxford University Press, Nova Iorque, p. 337-367.

13. BERTALANFFY, L.Von. 1973. Teoria geral dos sistemas. Trad. Francisco M. Guimarães. Petrópolis, Vozes. 351p.

14. BLAIKIE, P e H. BOOKFIELD. 1987. Land degradation and society. Londres, Longman.

15. BROWN, M.T. e R.C MURPHY. 1992. A Quantitative Method for Determining Carrying Capacity for Tourism and Other Economic Investments. Trabalho não-publicado. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, Flórida. 38p.

16. BROWN, M.T. e T.R. McCLANAHAN. 1992. Emergy Analysis Perspectives of Thailand and Mekong River Dam Proposals. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, Flórida. 60p.

17. CARNOT, S. 1824. Reflections on the Motive Power of Heat and on Machines fitted to Develop that Power. Macmillan, Londres.

18. CARVALHO, W.A., JIM, J. 1983. Áreas de Proteção Ambiental - Região da "Serra de Botucatu" e Região da 'Serra de Fartura". Botucatu: Instituto Básico de Biologia/Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP, 1983, 47p.

19. CLAUSIUS, R. 1867. The Mechanical Theory of Heat. John van Voorst, Londres.

20. CLEVELAND, C.J. 1987. Biophysical Economics: historical perspective and current research trends. *Ecological Modelling*. 38(1987) 47-73. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Netherlands.

21. CLEVELAND, C.J., COSTANZA, R., HALL, C.A.S. e KAUFMANN, R. 1984. Energy and the U.S. economy: a biophysical perspective. Science, 225: p. 890-897.

22. COELHO, O.F., ORTEGA, E.R. e M.V. COMAR. 1998. Balanço emergético do Brasil (dados de 1981, 1989, 1996), em *Introduction to Ecological Engineering with Brazilian*

Case Studies, ORTEGA, SAFONOV, COMAR, Co-editores. Serviços Gráficos da Unicamp (no prelo). 400p.

23. COMAR, M.V. 1994 "Avaliação Geral do Brasil". Capítulo da Dissertação de Mestrado, "Uma Avaliação Emergética da cidade de Itacoatiara na Amazônia Central, sua Industria de Compensado e Laminado, e a Várzea da Bacia do Rio Madeira" INPA. 145p.

24. COSTANZA, R. 1980. Embodied energy and economic valuation. Science, 210: p. 1219-1224.

25. COSTANZA, R. e HERENDEEN, R.A. 1984. Embodied energy and economic value in the U.S. economy: 1963, 1967 and 1972. Resour. Energy, 6: p. 129-163.

26. COSTANZA, R., DALY, H.E. e BARTHOLOMEW, J.A. 1991. Goals, agenda, and policy recommendations for ecological economics. In; COSTANZA, R. (ed.) *Ecological Economics: the science and management of sustainability.* New York; Columbia University Press, p. 1-20.

27. COSTANZA, R., J. CUMBERLAND, H. DALY, R. GOODLAND, R. NOORGARD. 1997. Na Introduction to Ecological Economics, St. Lucie Press, Boca Raton, Florida, 275 p.

28. COTTRELL, W.F. 1955. Energy and Society. McGraw-Hill, Nova Iorque, 330 p.

29. DALY, H.E. 1981. Postcript. Em: H.E. Daly e A.F. Umana (Editores). Energy, Economics, and the Environment. Westview Press. Boulder. CO. p. 165-186.

30. DALY, H.E. 1985. The circular flow of exchange value and the linear throughput of matter-energy: a case of misplaced concreteness. Review of Social Economy, December: p. 279-297.

31. DESHMUKH, I. 1986. Ecology and tropical biology. Blackwell Scientific Publications. 387p.

32. DUFUMIER, M. 1996. Les projets de développement agricole: manuel d'expertise. Paris, Éditions Karthala, 1996, 354p.

33. EHLERS, E. 1996. Agricultura Sustentável - Origens e Perspectivas de um novo paradigma. Ed. Livros da Terra, São Paulo. 178p.

34. ENGEA - AVALIAÇÃO, ESTUDOS DO PATRIMÔNIO E ENGENHARIA LTDA. 1990. *Levantamento e análise dos quadros ambientais e proposições físico territoriais de zoneamento ambiental para a APA Corumbataí-Botucatu-Tejupá.* Perímetro Botucatu. São Paulo: SMA, SP/CPLA. V. 1, 2, 4.

35. ENGELS, F. 1882. Karl Marx and Frederick Engels: Selected Correspondence. 1846-1895. Marxist Library, Vol. 29. International Publishers, Nova Iorque, 1942.

36. GEORGESCU-ROEGEN, N. 1979. Comments on the papers by Daly and Stiglits. Em V.K. Smith (Editor), Scarcity and Growth Reconsidered. John Hopkins University Press. Baltimore, M.D. p. 95-105.

37. HALL, C.A.S., CLEVELAND, C.J. e KAUFMANN, R. 1986. Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process. Wiley-Interscience, Nova Iorque, 577p.

38. HANNON, B.M. 1977. Energy, growth and altruism. Em: D.L. Meadows (Editor), Alternatives to Growth. Ballinger. Cambridge, Massachussets, p. 79-100.

39. HANNON, B.M. 1986. Foreword. Em: C.A.S. Hall, C.J. Cleveland and Kaufmann (Editores), Energy and Resource Quality: The Ecology of the Economic Process, Wiley-Interscience, Nova Iorque.

40. HENRY, J. 1973. On the importance of the cultivation of science. Pop. Sci. Mon., 2: p. 641-650.

41. HUBBERT, M.K. 1949. Energy from fossil fuels. Science, 109: p. 103-109.

42. HUBBERT, M.K. 1966. Man's conquest of energy: its ecological and human implications. Em: F.F. Darling e J.P. Milton (Editores). Future Environments of North America. Natural History Press. Garden City, Nova Iorque.

43. HUBBERT, M.K. 1980. Techniques of prediction as applied to the production of oil and gas. Spec. Publ. 631, National Bureau of Standards, Washington, DC.

44. HUETTNER, D.A. 1982. Economic values and embodied energy. Science, 216: p. 1141-1143.

45. IBGE. 1996. "Anuário Estatístico do Brasil 1996"- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

46. IBGE. 1996. "Anuário Estatístico do Brasil 1989"- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

47. IBGE. 1996. "Anuário Estatístico do Brasil 1981"- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

48. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.* São Paulo: Publicação IPT, Escala 1:50000. (série Monografias 5).

49. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1995.*Carta de risco de erosão da área urbana de Botucatu, SP*. São Paulo: IPT Relatório Técnico 33.369. 94p.

50. KAYSEN, C. 1972. The computer that printed out W * O * L * F. Foreign Aff., 50: p. 660-668.

51. KOEPF, H.H. 1976. Bio-dynamic Agriculture: an introduction.

52. LEONTIEF, W.W. 1941. The Structure of the American Economy. 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis. Howard University Press. Cambridge. Massacchussetts.

53. LOTKA, A.J. 1922. Contributions to the energetics of evolution. Proc. Nat. Acad. Sci., 8: p. 147-151.

54. MARTINS, D. 1989. Clima da região de Botucatu. In: ENCONTRO DE ESTUDOS SOBRE A AGROPECUÁRIA NA REGIÃO DE BOTUCATU, 1, Botucatu, SP. Anais. Botucatu, Núcleo de Extensão de Serviços à Comunidade, p. 8-19.

55. MAZOYER, M. 1989. Alguns apuntes sobre los sistemas agrarios. Trad. Maria A. Mojica. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Managua, 1989. 12 p (mimeo)

56. MEADOWS, D.H., MEADOWS, D.L., RANDERS, J., BEHRENS, W.W. 1972. The Limits to Growth. Universe. Nova Iorque. 205p.

57. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 1966. "Balanço Energético Nacional 1996".Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético, Ministério de Minas e Energia.

58. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 1996. "Sumário Mineral 1996". Departamento Nacional de Produção Mineral- Ministério de Minas e Energia.

59. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 1989 "Sumário Mineral 1989". Departamento Nacional de Produção Mineral- Ministério de Minas e Energia.

60. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. 1989 "Sumário Mineral 1981". Departamento Nacional de Produção Mineral- Ministério de Minas e Energia.

61. MIRABEAU, M. de. 1763. Philosophie Rurale. Paris, França.

62. NEILL, T.F. 1949. The Physiocrats' Concept of economics. Q.J. Econ., 63. p. 532-553.

63. NYE, P.H. e D.J. GREENLAND. 1960. The Soil Under Shifting Cultivation. Tech. Comm. No. 51. Farnham Royal, Buckinghamshire: Commonwealth Agricultural Bureaux.

64. ODUM, H.T. 1971. Environment, power, and society. Wiley-Interscience, Nova Iorque. 336 p.

65. ODUM, H.T. 1967. Biological circuits and the marine systems of Texas. p. 99-157, em Pollution and Marine Ecology. Ed. T.A. Olson e F.J. Burgess, Interscience, J. Wiley, Nova Iorque.

66. ODUM, H.T. 1976b. Energy quality and carrying capacity of the earth. Trop.Ecol. 16(1): p. 1-8.

67. _____. 1983. Systems ecology: an introduction. Wiley-Interscience, Nova Iorque. 644 p.

68. _____, e E.C. ODUM. 1983. Energy Analysis Overview of Nations. Working paper of the International Institute for Applied Systems Analysis, Luxemburg, Austria.

69. _____. 1988. Self-Organization, Transformity, and Information. Science, 242: p. 1132-1139.

70. ODUM, H.T. e J.E. ARDING. 1991. Emergy Analysis of Shrimp Mariculture in Ecuador. Working paper. Environmental Engineering Sciences and Center for wetlands, University of Florida, Gainesville, Flórida. 114 p.

71. ODUM, H.T. 1986. "Energy Analysis Overview of Brazil", em "Energy Systems Overview of the Amazon Basin ", Center for Wetlands Publication, University of Florida, Gainesville, Flórida.

72. ODUM, H.T. 1994. The emergy of natural capital. In: Jansson, A.M., Folke, C., Costanza, R. (Eds.) Investing in Natural Capital. Island Press, Covelo, CA. p. 200-212.

73. ODUM H.T., e E.C. ODUM, 1987. "Ecology and Economy. Emergy analisys and public policy in Texas". Lyndon B. Johnson School of Public Affairs, Policy Research Report No. 78, University of Texas, USA.

74. ODUM H.T.,1996."Environmental Accounting.Emergy and Environmental Decision Making". John Wiley & Sons,INC.

75. ODUM H.T., E.C. ODUM e M.T. BROWN. 1998. "Environment and society in Florida". Lewis Publishers, Boca Raton, Flórida. 449p.

76. OSTWALD, W. 1911. Efficiency. Independent. 71: p. 867-871.

77. PIMENTEL, D. *et al.* 1989. Low-input sustainable agriculture using ecological management practices. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdã: Elsevier Science Publishers B.V. p. 3-24, 1989.

78. PIMENTEL, D. e PIMENTEL, M. 1979. Food, Energy, and Society. Wiley, Nova Iorque.

79. PODOLINSKY, S. 1883. Menschliche Arbeit und Einheit der Kraft. Die Neue Zeit, Vol 1, Setembro.

80. PRADO-JATAR, M.A., M.T., BROWN, 1997. "Interface Ecosystems with na oil spill in a Venezuelan Tropical Savannah", Ecological Engineering 8, 1997. Elsevier Science .

81. PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - PNMA. 1995. *Os Ecossistemas Brasileiros e os Principais Macrovetores de Desenvolvimento - Subsídios ao Planejamento da Gestão Ambiental*, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, Secretaria de Coordenação dos Assuntos do Meio Ambiente, Brasília, 108 p. com mapas temáticos.

82. QUESNAY, F. 1758. Tableau Economique. Em: M. Kuczynski e R.L. Meek Editores,

Quesnay's Tableau Economique. Macmillan, Londres, 1972.

83. REVISTA DBO RURAL. 1995. "Anuário 95 – Pecuária de Corte " Revista DBO Rural Ano 13 número 174-A

84. ROCHA, J.S.M. 1991. *Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas.* Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, RS.

85. ROMEIRO, A.R. 1994. "Agricultura e Agroindustria: perspectivas de novas configuracões". Revista de Economia Politica, 14(3): julho-setembro.

86. ROMEIRO, A.R. 1995. "Mecanismos Indutores de Progresso Técnico na Agricultura: elementos para uma abordagem evolucionária". Cadernos de Ciência e Tecnologia, 11(1/3): jan-dez., p.32-57.

87. ROMEIRO, A.R. 1997. "Agricultura Sustentável, Tecnologia e Desenvolvimento Rural". Revista de Agricultura Sustentável, CNPMA/EMBRAPA.

88. ROMEIRO, A.R. e SALLES, S.M. 1997. "Dinâmica de Inovações sob Restrição Ambiental". Economia do Meio Ambiente, Org. de Romeiro, A.R., Reydon, B.P. e Leonardi, M.L., Co-ed. Fecamp/Embrapa.

89. SACHS, I. 1986. "Ecodesenvolviemtno - Crescer sem destruir." Coleção Terra dos Homens, Vol 1. Edições Vértice, São Paulo, 207p.

90. SCIENCEMAN, D. 1987. Energy and Emergy p. 257-276 in Environmental Economics ed. by G. Pillet and T. Murota Roland Leimgruber, Geneva, Switzerland. 308 pp.

91. SECRETARIA DE ESTADO DOS NEGÓCIOS DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. 1995. "Simpósio sobre Terraceamento Agrícola". Anais do Encontro Patrocinado pela Secretária de Estado dos Negócios da Agricultura e Abastecimento, SP.

92. SIMÕES, L.B. 1996. *Avaliação das áreas de preservação permanente da bacia do Ribeirão Lavapés, Botucatu, SP, através de Sistema de Informações Geográficas (SIG-IDRISI).* Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências Agronômicas do Campos de Botucatu - Área de Concentração Energia na Agricultura - UNESP. 145p.

93. SIMÕES e GEHRING, 1998. "Uso do SIG IDRISI no Planejamento Regional em Botucatu,

SP." em *Introduction to Ecological Engineering with Brazilian Case Studies*. Enrique Ortega, Paul Safonov, Vito Comar editores. Gráfica Unicamp, Campinas-SP, 1988.

94. SIMON, J. 1981. The Ultimate Resource. Princeton University Press. Princeton, NJ. 415p.

95. SMITH, V.K. 1980. The evaluation of natural resources adequacy: elusive quest or frontier of economic analysis? Land Econ., 56: p. 256-298.

96. SODDY, F. 1922. Cartesian Economics. Henderson. Londres.

97. SODDY, F. 1926. Wealth, Virtual Wealth, and Debt. E.P. Dutton, Nova Iorque.

98. SOLOW, R.M. 1974. Intergenerational equity and exhaustible resources. Review of Economic Studies, Symposium on the Economics of Natural Resources, p. 29-45.

99. STEINHART, J. e STEINHART, C. 1974. Energy: Sources, Use and Role in Human Affairs. Duxbury, North Scituate, Massacchussetts.

100. SPENCER, H. 1880. First Principles. Appleton, Nova Iorque.

101. ULGIATI, S., ODUM, H.T., BASTIANONI, S. 1994. "Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy analysis of Italy". Ecological Modelling 73 (1994).

102. ULGIATI, S., M.T. BROWN, S. BASTIANONI, N. MARCHETTINI. 1995. Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources

103. ULGIATI, S. e M.T. BROWN. 1998. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. Ecological Modelling 108 (1998) p. 23-36.

104. VALÉRIO FILHO, M. 1995. Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de geoprocessamento. In: TAULK-TORNISIELO, S.M., GOBBI, N., FOWLER, H.G. (Org.) Análise ambiental: estratégias e ações. São Paulo: T.A. Queiroz, p. 135-140.

105. VEIGA, J.E.da. 1994. "Problemas da transição à agricultura sustentável". Estudos Econômicos. Edição especial. Prelo.

106. VEIGA, J.E. da. 1997. "Perspectivas Nacionais do Desenvolvimento Rural", em *Agricultura, Meio Ambiente e Sustentabilidade do Cerrado Brasileiro*, Seminário Internacional, Uberlândia, 24 a 26 de setembro de 1996. Centro de Documentação e

Pesquisa Sócio-econômica, Depto. de Economia, Depto. de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia; Núcleo de Agricultura do Instituto de Economia da Unicamp; Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramentp e Avaliação do Impacto Ambiental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. p. 101-118.

107. VEIGA, J.E.da e ROMEIRO, A.R. 1994. "Diretrizes de política agrária e desenvolvimento sustentável para a pequena produção familiar." Relatório Projeto FAO UTF/BRA/036/BRA.

108. VIDAL, B. 1997. Entrevista com Batista Vidal. Revista Caro Amigos, N. 9.

109. WAGNER, E. 1994. "Elementos de política agricola e ambiental". 179 p.

Anexo 1

Tabelas Emergética do Brasil

Tabela 1 - Balanço Emergético do Brasil (1996).

Tabela 01 Balanço Emergético do Brasil (1996)

N	Item	Fluxo	Ref.	Unidade	Transformidade (sej/unidade)	Ref.	Emergia (sej / ano)	Valor Macroeconômico (emdólar/ano)	Valor Monetário (R$/ano)	Valor Macroeconômico (emdólar/ano)	Valor Monetário (US$/ano)	Ref.
Recursos Naturais Renováveis												
01	luz solar	3,78E+22	A1	J	1,00E+00	[1]	3,78E+22	8,82E+09	( )	7,85E+09	( )	B1
02	Potencial Químico da Chuva	8,91E+19	A2	J	1,54E+04	[1]	1,37E+24	3,20E+11	( )	2,85E+11	( )	B2
03	Potencial Químico dos Rios	1,35E+19	A3	J	4,10E+04	[1]	5,53E+23	1,29E+11	( )	1,15E+11	( )	B3
04	Geopotencial da Chuva	3,25E+19	A4	J	8,89E+03	[1]	2,89E+23	6,73E+10	( )	5,99E+10	( )	B4
05	Vento	2,70E+18	A5	J	6,23E+02	[1]	1,68E+21	3,92E+08	( )	3,49E+08	( )	B5
06	Ondas	1,44E+18	A6	J	2,59E+04	[1]	3,73E+22	8,70E+09	( )	7,74E+09	( )	B6
07	Marés	2,37E+17	A7	J	2,36E+04	[1]	5,60E+21	1,30E+09	( )	1,16E+09	( )	B7
08	Sedimentos	3,35E+14	A8	g	1,71E+09	[1]	5,73E+23	1,34E+11	( )	1,19E+11	( )	B8
09	Soerguimento Geológico	5,45E+15	A9	J	2,90E+04	[2]	1,58E+20	3,69E+07	( )	3,28E+07	( )	B9
10	Geopotencial dos Rios	9,42E+18	A10	J	8,89E+03	[1]	8,38E+22	1,95E+10	( )	1,74E+10	( )	B10
Fontes Energia Renovável												
11	Hidroeletricidade	3,33E+18	A11	J	1,59E+05	[2]	5,29E+23	1,23E+11	1,59E+10	1,10E+11	1,41E+10	B11
12	Agricultura	6,40E+18	A12	J	1,40E+05	[1]	8,97E+23	2,09E+11	2,80E+09	1,86E+11	2,49E+09	B12
13	Pecuária	3,90E+16	A13	J	2,00E+06	[1]	7,81E+22	1,82E+10	1,33E+10	1,62E+10	1,19E+10	B13
14	Pesca	2,95E+15	A14	J	2,00E+06	[1]	5,91E+21	1,38E+09	$	1,23E+09	$	B14
15	Lenha	9,12E+17	A15	J	1,87E+04	[1]	1,70E+22	3,97E+09	2,02E+07	3,54E+09	1,80E+07	B15
16	Silvicultura	1,00E+16	A16	J	1,04E+05	[1]	1,04E+21	2,43E+08	1,91E+07	2,16E+08	1,70E+07	B16
17	Produção Florestal	9,34E+17	A17	J	3,49E+04	[1]	3,26E+22	7,60E+09	1,18E+08	6,77E+09	1,05E+08	B17
Fontes Não Renováveis de Energia do País												
18	Gás Natural	2,87E+16	A18	J	4,80E+04	[1]	1,38E+21	3,21E+08	1,42E+08	2,86E+08	1,26E+08	B18
19	Petróleo	1,42E+18	A19	J	5,30E+04	[1]	7,52E+22	1,75E+10	4,43E+08	1,56E+10	3,94E+08	B19
20	Minérios	2,44E+14	A20	g	Em Anexo		4,86E+23	1,13E+11	2,51E+09	1,01E+11	2,23E+09	B20
21	Solos	2,97E+17	A21	J	7,38E+04	[1]	2,19E+22	5,11E+09	( )	4,55E+09	( )	B21
Importações e Recursos de Outros Países												
22	Petróleo e seus Derivados	2,16E+18	A22	J	6,00E+04	[1]	1,29E+23	3,02E+10	4,46E+09	2,68E+10	3,96E+09	B22
23	Pecuária e seus Produtos	3,60E+15	A23	J	2,00E+06	[1]	7,20E+21	1,68E+09	1,11E+09	1,49E+09	9,87E+08	B23
24	Produtos Agrícolas e da Silvicultura	1,88E+17	A24	J	1,40E+05	[1]	2,64E+22	6,15E+09	2,13E+09	5,47E+09	1,89E+09	B24
25	Produtos Agroindustriais	3,85E+16	A25	J	2,00E+05	[1]	7,70E+21	1,80E+09	1,50E+09	1,60E+09	1,33E+09	B25
26	Produtos Minerais	5,52E+06	A26	g	Em Anexo		1,43E+23	3,33E+10	2,58E+09	2,97E+10	2,29E+09	B26
27	Produtos Químicos	1,26E+13	A27	g	3,80E+08	[1]	4,79E+21	1,12E+09	3,45E+08	9,93E+08	3,07E+08	B27
28	Plásticos e Borracha	2,94E+12	A28	g	4,30E+09	[4]	1,26E+22	2,95E+09	1,20E+09	2,62E+09	1,07E+09	B28
29	Produtos da Madeira	2,60E+16	A29	J	1,30E+06	[1]	3,38E+22	7,87E+09	5,54E+07	7,00E+09	4,93E+07	B29
30	Texteis	9,44E+15	A30	J	1,30E+06	[1]	1,23E+22	2,86E+09	1,16E+09	2,55E+09	1,03E+09	B30
31	Maquinas e Equipamentos	1,88E+12	A31	J	6,70E+09	[1]	1,26E+22	2,94E+09	1,72E+10	2,61E+09	1,53E+10	B31
32	Aço e outras ligas	3,27E+11	A32	J	2,64E+09	[1]	8,63E+20	2,01E+08	2,56E+08	1,79E+08	2,28E+08	B32
33	Papel e seus produtos	1,56E+16	A33	J	1,30E+06	[1]	2,02E+22	4,71E+09	1,01E+09	4,19E+09	8,98E+08	B33

Tabela 01 Balanço Emergético do Brasil (1996)

34 Serviços e outras Transações Econômicas	5,31E+09	A34	$	1,37E+12	[5]	7,27E+21	1,70E+09	1,65E+10	1,51E+09	1,47E+10	B34
Exportaçoes e Recursos para outros Paises										
35 Animais e seus produtos	2,28E+15	A35	J	2,00E+06	[1]	4,56E+21	1,06E+09	9,61E+08	9,46E+08	8,54E+08	B35
36 Produtos Agricolas e da Silvicultura	7,19E+16	A36	J	1,04E+05	[1]	7,48E+21	1,74E+09	2,59E+09	1,55E+09	2,30E+09	B36
37 Produtos Agroindustriais	3,55E+17	A37	J	2,00E+05	[1]	7,10E+22	1,65E+10	7,26E+09	1,47E+10	6,45E+09	B37
38 Produtos Minerais	1,39E+14	A38	J	Em Anexo		2,11E+23	4,92E+10	2,31E+09	4,38E+10	2,05E+09	B38
39 Petróleo e seus Derivados	1,29E+17	A39	J	6,00E+04	[1]	7,76E+21	1,81E+09	3,29E+08	1,61E+09	2,92E+08	B39
40 Produtos Químicos	2,84E+12	A40	J	3,80E+08	[1]	1,08E+21	2,52E+08	2,03E+09	2,24E+08	1,80E+09	B40
41 Plasticos e Borrachas	9,03E+11	A41	g	4,30E+09	[1]	3,88E+21	9,05E+08	1,20E+09	8,06E+08	1,07E+09	B41
42 Madeira e Seus Produtos	4,65E+16	A42	J	1,30E+06	[1]	6,05E+22	1,41E+10	9,10E+06	1,25E+10	8,09E+06	B42
43 Papel e seus produtos	4,83E+16	A43	J	1,30E+06	[1]	6,28E+22	1,46E+10	2,19E+09	1,30E+10	1,95E+09	B43
44 Texteis	4,98E+15	A44	J	1,30E+06	[1]	6,48E+21	1,51E+09	1,05E+09	1,34E+09	9,33E+08	B44
45 Maquinas e Equipamentos	1,68E+12	A45	J	6,70E+09	[1]	1,13E+22	2,62E+09	7,22E+09	2,34E+09	6,42E+09	B45
46 Aço e outras ligas	1,39E+13	A46	J	2,64E+09	[1]	3,67E+22	8,55E+09	5,50E+09	7,61E+09	4,89E+09	B46
47 Serviços e outras Transações Econômicas	4,45E+08	A47	$	4,82E+12	[6]	2,14E+21	5,00E+08	8,75E+09	4,45E+08	7,78E+09	B47
Totais:										
1. Emergia total usada no Sistema "Brasil"(sej/ano)						2,77E+24				
2. PNB Brasileiro (1996)								6,47E+11		5,75E+11
3. Valor Ambiental associado ao PNB										
4. População do País (Habitantes)								1,52E+08		
5. Razão Emergia por dinheiro(sej/Us$)						4,82E+12				
6. Área territorial do País(km2)								8,55E+06		

[1] "Interface Ecosystems with na oil spill in a Venezuelan Tropical Savannah"-Ecological Engineering 8 – 1997 Elsevier Science .
[2]"Energy AnallysisOverview of Brazil"-Howard T. Odum , em "Energy Systems Overview of the Amazon Basin "-CFW Publication-Center of Wetlands-University of Florida.
[3] "Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy analysis of Italy"- S. Ulgiati, H.T. Odum, S. Bastianoni. Ecological Modelling 73 (1994)pg.224
[4]"Ecology and Economy. Emergy analisys and public policy in Texas. Lyndon B. Johnson School of Public Affairs, Policy Research Report No. 78
[5]" Environmental Accounting.Emergy and Environmental Decision Making"Howard T. Odum,John Wiley & Sons,INC.
[6] Desse trabalho:Razão emergia/dinheiro
$ Valor Monetário Não avaliado
( )Valor monetário Inexistente

Anexo 2

Anotações das Tabelas Emergéticas de Botucatu e Pardinho (Tabela 3, Tabela 6)

Tabela Emergética de Botucatu (Tabela 3)

ANOTAÇÕES

1	Radiação solar - (radiação incidente)(100%-albedo)(área município) = (140 kcal/cm2/ano)[E4 cm2/m2](100%-16%)(1.522 E9 m2)[4186 J/kcal] =	7,49E+18 J/ano
2	Chuva - Potencial químico - (área município)(% área plana)(média da precipitação)(G) = (1.522 E9 m2)(0.60)(1.547 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3]=	7,06E+15 J/ano
3	Chuva - Energia geopotencial - (área município)(% área inclinada)(média prec.)(altitude média)(aceleração)= (1.522 E9 m2)(0.40)(1.547 m/ano)[1 E3 kg/m3](150 m)(0.5)(9.8 m/seg2)=	6,92E+14 J/ano
4	Energia Cinética do vento - energia do vento transferida para a camada mais baixa de 1000m. Difusão dos Eddies: 21 m3/m2/seg; Gradiente Vertical: 5.9 E-3 m/seg/m; Densidade do Ar: 1.23 kg/m3 (1000m)(1.23kg/m3)[3.154 E7 seg/ano](21 m3/m2/seg)(5.9 E-3 m/seg/m)(5.9 E-3 m/seg/m)(1522km2)[1E6m2/km2]=	4,32E+16 J/ano
5	Água captada do Rio Pardo para cidade = (24000 m3/dia)[365 dia/ano][1000 lit/m3][1kg/1lit](4.94 E3 J/kg)=	4,33E+13 J/ano
6	Água de irrigação (uso agrícola) = (10 E6 lit/ano)[1000 g/lit](5 J/g) =	5,00E+10 J/ano
7	Perda do solo como parte de uso do solo = = (1.7 E5 MT/ano)[1E6 g/MT](0.07 g OM/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	1,79E+14 J/ano
8	Biomassa de Madeira (Pinus e Eucalipto): (biomassa Pinus) + (biomassa Eucalipto) = = (203 ha pinus)(200 m3/ha)(600 kg/m3)(0.5 pseo seco)(4.4 Kcla/g)(4186 J/Kcal)[1 E3 g/kg] + + (16058 ha eucalipto)(200 m3/ha)(1042 kg/m3)(0.5 peso seco)(4.4 Kcal/ g)[4186 J/Kcal][1 E3 g/kg] =	3,10E+16 J/ano
9	Combustível - Diesel : (8.16 E6 lit/ano)[1 -E3 t/lit](44 E9 J/t)=	3.59E+14 J/ano
10	Combustíveis - Gasolina = (4.8 E6 lit/ano)[1 -E3 t/lit](44 E9 J/t) =	2,11E+14 J/ano
11	Combustíveis - Álcool = (1.44 E6 lit/ano)[1 -E3 t/lit](44 E9 J/t) =	6,34E+13 J/ano
12	Gás Natural = [(2.5 kg/pessoa/mês)(120000 pessoas)+(100 t/mês industrial)][12 mes/ano][1E6 g/t](11000 cal/g)[4.186 J/cal] =	2,21E+14 J/ano
13	Eletricidade - (1.9 E8 kWh/ano)(860 kcal/kwh)[4186 J/kcal] =	6,84E+14 J/ano
14	Sistema de estradas municipais/urbanas = (municipais asfaltadas+municipais não-asfaltadas+urbanas asfaltadas e não-asfalt.+manutenção anual)/30 ano =[(150 km * 5E5 R$/km)+(820 km * 3.5E5 R$/km)+(301 km * 1.8E5 R$/km)+(225 km * 1E5 R$/km+9.254E5 R$/ano)][1.02 $/R$]/30 anos=	2,24E+07 $/ano
15	Serviços urbanos (água/esgoto/eletricidade) = (número de pontos)(custo/ponto)/30 anos= =(31900pontos)[(600 R$/ponto água/esgoto)(200 R$/ponto luz)][1.02$/R$]/30anos=	8.68E+05 $/ano
16	Construções = (área construída total)(custo/unidade área) /50 anos = = [(3.77 E6 m2)(200 R$/m2)][1.02 $/R$] / 50 anos =	1,54E+07 $/ano
17	Bens de consumo -(R$ 52.96E6)(1.5 fator correção bens não-declarados)[1.02 $/R$]=	8,10E+07 $/ano
18	Serviços - (R$ 33.89E6)(2 fator correção serviços não-declarados)[1.02 $/R$]=	6,91E+07 $/ano
19	Produtos agrícolas - madeira (toras), café, cortume, carne = (260531 t/ano)(9.86 E9 J/m3)[1 m3/t](3.49 E4 sej/J) + (288t/ano)(5 kcal/g)[1E6 g/t][4186 J/kcal](2.00E5 sej/J) + + (1420 t/ano)(7 kcal/g)[1E6 g/t][4186 J/kcal](1.73 E6 sej/J) + (2730 t/ano)(7 kcal/g)[1E6 g/t][4186 J/kcal](2.00E6 sej/J)=	3,23E+20 sej/ano
20	Produção industrial - Chapas de fibra dura (Duratex) - (14700 t/mês)[12 mes/ano](1042kg/t)(0.5 PS)[1E3 g/kg](4.4 kcal/g)[4186 J/kcal]=	1,69E+15 J/ano
21	Produção industrial - Produtos de aço - 11113.36 t/ano	1,11E+10 t/ano
22	Produção industrial - produtos de alumínio - 7775.14 t/ano	7.78E+09 t/ano

Anexo 2

Anotações das Tabelas Emergéticas de Botucatu e Pardinho (Tabela 1, Tabela 6)

Tabela Emergética de Pardinho (Tabela 6)

1	Solar radiation - (incident radiation)(100%-albedo)(municipal area) = (140 kcal/cm2/year)[E4 cm2/m2](100%-16%)(0.2 E9 m2)[4186 J/kcal] =	9,85E+17 J/year
2	Rain - Chemical Potential - (municipal area)(% flat area)(mean rainfall)(G) = (0.2 E9 m2)(0.60#)(1.327 m/year)(5 J/g)[1E6 g/m3]=	7,96E+14 J/year
3	Rain - Geopotential Energy - (municipal area)(% sloped area)(mean rainfall)(mean altitude)(acceleration)= (0.2 E9 m2)(0.40#)(1.4451 m/ano)[1 E3 kg/m3](150 m#)(0.5)(9.8 m/seg2)=	8,53E+13 J/year
4	Wind kinetic energy - wind energy transferred to layers lower than 1000m. Eddies diffusion: 21 m3/m2/sec; Vertical Gradient: 5.9 E-3 m/sec/m; Air density: 1.23 kg/m3 (1000m)(1.23kg/m3)[3.154 E7 sec/year](21 m3/m2/sec)(5.9 E-3 m/sec/m)(5.9 E-3 m/sec/m)(200 km2)[1E6m2/km2]=	5,67E+15 J/year
5	City water intake from the Rio Pardo (570 m3/day)[365 day/year][1000 lit/m3][1kg/1lit](4.94 E3 J/kg)=	1,03E+12 J/year
7	Soil loss as part of soil use = = (4.03 E4 MT/year)[1E6 g/MT](0.07 g OM/g soil)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	4,25E+13 J/year
8	Timber biomass (Eucalyptus): (915 ha eucalyptus)(30 m3/ha)(1042 kg/m3)(0.5 dry wt)(4.4 Kcal/ g)[4186 J/Kcal][1 E3 g/kg] =	2,63E+14 J/year
9	Fuel - Diesel : (40000*12 lit/year)[1 -E3 t/lit](44 E9 J/t)=	2,11E+13 J/year
10	Fuel - Gasoline = (30000*12 lit/year)[1 -E3 t/lit](44 E9 J/t) =	1,58E+13 J/year
11	Fuel - Alcohol = (15000*12 lit/year)[1 -E3 t/lit](44 E9 J/t) =	7,92E+12 J/year
12	Natural gas = [(2.5 kg/person/month)(6000 people)+(6# t/month industrial use)][12 months/year][1E6 g/t](11000 cal/g)[4.186 J/cal] =	1,16E+13 J/year
13	Electricity - (1.9 E8/40# kWh/year)(860 kcal/kwh)[4186 J/kcal] =	1,71E+13 J/year
14	Municipal and urban road networks = (paved municipal+unpaved municipal+paved and unpaved urban+annual maintenance)/30 years = =[(30 km*5E5 RS/km)+(510 km*3.5E5 RS/km)+(20 km*1.8E5 RS/km)+9.254E5/40# RS/year)][1.02 S/RS]/20 years = 4,268292683 127,9914634 83962,4	1,01E+07 S/year
15	Urban services (water/sewerage/electricity) = (number of points)(cost/point)/30 years= =(820points)[(600 R$ / water/sewerage point)+(200 R$/light point)][1.02$/R$]/30years=	2,23E+04 $/year
16	Constructions = (total built area)(cost/unit area) /50 years = = [(10.495 E4 m2)(200 R$/m2)][1.02 $/R$] / 50 years =	4,28E+05 $/year
17	Consumer goods -(R$ 52.96E6/40#)(1.5 correction factor for non-declared goods)[1.02 $/R$]=	2,03E+06 $/year
18	Services - (R$ 33.89E6/40#)(2 correction factor for non-declared services)[1.02 $/R$]=	1,73E+06 $/year
19	Agricultural products - coffee, soybeans, milk =(364,5 t/year)(5 kcal/g)[1E6 g/t][4186 J/kcal](2.00E5 sej/J) + + (300 t/year)(5 kcal/g)[1E6 g/t][4186 J/kcal](2.00E5 sej/J) + (6790 t/year)(6.25 kcal/g)[1E6 g/t][4186 J/kcal] (0.115 dry wt)(1.06 E6 sej/J)=	2,44E+19 sej/year
20	Industrial production - Steel products - 32 t/year	3,20E+01 t/year
21	Industrial production - manufactures machine spare parts - 300 kg/month	3,60E+00 t/year

Anexo 3 -

Anotações das Tabelas Emergéticas das Fazendas do Município de Pardinho.

Água Santa (Tabela 9)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):	
	(387,2 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	2,61E+13 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):	
	(1578 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	1,66E+12 J/ano
3	Água captada do rio: animais - (320 cabeças)(30 lit/dia)[365 dias/ano]=	3,50E+06 lit/ano
	(11600 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	2,09E+10 J/ano
4	Sementes: (ha)(valor em $/kg)(kg/ha/ano) = (125ha)(1.30 $/kg)(48 kg/ha/ano) =	7,80E+03 $/ano
5	Adubação química: (valor em $/kg)(kg/ano) = (0,35 $/kg)(22200 kg/ano) =	7,70E+03 $/ano
6	Inseticidas: (valor em $/lit)(lit/ano) = (15.35 $/lit)(50 lit/ano) =	7,68E+02 $/ano
7	Herbicida: (valor em $/lit)(lit/ano) = (7.23 $/lit)(600 lit/ano) =	4,34E+03 $/ano
8	Combustíveis usados: (litros usados/ano-álcool, gasolina, Diesel)(valor calórico, J/t) =	
	(4000 lit álcool + 2000 lit gasol. + 8000 lit Diesel)(49 E9 J/t)/[1000 lit/t] =	6,86E+11 J/ano
9	Eletricidade: (custo por ano) = 1400 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,43E+03 $/ano
10	Maquinários (várias máquinas em g/ano) = (peso total em g) / (anos de vida útil) =	
	=(14600 kg)[1000 g/kg] / (10 anos) =	1,46E+06 g/ano
11	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 60000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	6,12E+04 $/ano
12	Bens e Serviços (comprados/ano) = 10400 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,06E+04 $/ano
13	Bens e Serviços da fazenda = (valor dos imóveis e da fazenda)/ vida útil =	
	(387,2ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[1000m2/ha]/100ano+(192200 R$*1,02$/R$)/40ano=	2,86E+04 $/ano
14	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 8000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	8,16E+03 $/ano
15	Produção de Milho (silagem): (produção por ano, kg/ha/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(2640 kg/ha/ano)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	3,87E+10 J/ano
16	Leite - (180000 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	5,40E+11 J/ano

Livramento (Tabela 10)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):	
	(48,4 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	3,27E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):	
	(34,58 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	3,65E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais - (40 cabeças)(30 lit/dia)=	1,20E+03 lit/ano
	(3200 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	5,77E+09 J/ano
4	Sementes: (ha)(valor em $/kg)(kg/ha/ano) = (1,21ha)(1.30 $/kg)(48 kg/ha/ano) =	7,55E+01 $/ano
5	Adubação química: (valor em $/kg)(kg/ano) = (0,35 $/kg)(767 kg/ano) =	2,68E+02 $/ano
6	Herbicida: (valor em $/lit)(lit/ano) = (7.23 $/lit)(5 lit/ano) =	3,62E+01 $/ano
7	Combustíveis usados: (litros usados/ano-gasolina, Diesel)(valor calórico, J/t) =	
	(240 lit gasol. + 240 lit Diesel)(49 E9 J/t)/[1000 lit/t] =	2,35E+10 J/ano
8	Eletricidade: (custo por ano) = 600 R$/ano * 1,02 $/R$ =	6,12E+02 $/ano
9	Maquinários (várias máquinas em g/ano) = (peso total em g) / (anos de vida útil) =	
	=(3500 kg)[1000 g/kg] / (10 anos) =	3,50E+05 g/ano
10	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 5000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	5,10E+03 $/ano
11	Bens e Serviços (comprados/ano) = 2000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	2,04E+03 $/ano
12	Bens e Serviços da fazenda = (valor dos imóveis e da fazenda)/ vida útil =	
	(48,4ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+ (63080R$*1,02 $/R$)/40ano=	4,57E+03 $/ano
13	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 1350 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,38E+03 $/ano
14	Produção de Milho (silagem): (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(4800 kg/ano)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	7,03E+10 J/ano
15	Leite - (18250 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	5,48E+10 J/ano
16	Café - (36 saca)[60 kg/saca](4 kcal/g)(4186 J/kcal)[1 E3 g/kg] =	3,62E+10 J/ano

Mariana (Tabela 11)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g): (24,2 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	1,63E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g): (9,73 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	1,03E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais-[(17cab.gado)(30 lit/dia)]+[(15suíno)(10 lit/dia)]+[(5 cavalos)(20 lit/dia)]= (2720 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	4,90E+09 J/ano
4	Eletricidade: (custo por ano) = 360 R$ / ano * 1,02 $/R$ =	3,67E+02 $/ano
5	Mão-de-obra (valor em $/ano) = (3000 + 9000) R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,22E+04 $/ano
6	Bens e Serviços da fazenda = (valor dos imóveis e da fazenda)/ vida útil = (24,2ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+(35100R$*1,02 $/R$)/40ano=	2,38E+03 $/ano
7	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 2840 R$/ano * 1,02 $/R$ =	2,90E+03 $/ano
8	Produção de Carne Bovina: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g): (15 arrobas*15 kg/arr.*15 cabeças/ano)kg/ano(5,0 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	7,06E+10 J/ano
9	Produção de Carne Suína: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g): (700 kg/ano)(5,0 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	1,47E+10 J/ano
10	Adestramento Cavalos:(5cavalos/mês)(65 $/cavalo)[12meses/ano] =	3,90E+03 $/ano

Maria Branca (Tabela 12)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g): (48,4 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	3,27E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g): (29,12 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	3,07E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais-[(60cab.gado)(30 lit/dia)]+[(12suíno)(10 lit/dia)]= (3920 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	1,92E+03 lit/dia 7,07E+09 J/ano
4	Adubação química (milho): (valor em $/kg)(kg/ano) = (0,35 $/kg)(92 kg/ano) =	3,22E+01 $/ano
5	Eletricidade: (custo por ano) = 3000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	3,06E+03 $/ano
6	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 1800 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,84E+03 $/ano
7	Bens e Serviços (comprados/ano) = 4400R$/ano * 1,02 $/R$ =	4,49E+03 $/ano
8	Bens e Serviços da fazenda = (valor da fazenda)/ vida útil (100 anos) + (valor imóveis)/ vida = (48,4ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+(7300R$*1,02 $/R$)/40ano=	3,15E+03 $/ano
9	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 600 R$/ano * 1,02 $/R$ =	6,12E+02 $/ano
10	Produção de Carne Bovina: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g): (15 arrobas*15 kg/arr.*18 cabeças/ano)kg/ano(5,0 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]= considerando o peso morto do animal (cerca de 1/2 do peso vivo)	8,48E+10 J/ano
11	Produção de Carne Suína: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g): (925,71 kg/ano)(5,0 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	1,94E+10 J/ano

Moraes (Tabela 13)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g): (38,72 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	2,61E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g): (55,176 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	5,82E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais-[(20cab.gado)(30 lit/dia)]+[(15suíno)(10 lit/dia)]=	7,50E+02 lit/dia
	(2750 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	4,96E+09 J/ano
4	Adubação química(milho):(valor em $/kg)(kg/ano)=(0,35 $/kg)(12590 kg/ano)=	4,41E+03 $/ano
5	Combustíveis usados: (litros usados/ano-gas, Diesel)(valor calórico, J/t) = (480 lit gasol. + 960 lit Diesel)(49 E9 J/t)/[1000lit/t]=	7,06E+10 J/ano
6	Eletricidade: (custo por ano) = 360 R$/ano * 1,02 $/R$ =	3,67E+02 $/ano
7	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 3000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	3,06E+03 $/ano
8	Bens e Serviços (comprados/ano) = 3600R$/ano * 1,02 $/R$ =	3,67E+03 $/ano
9	Bens e Serviços da fazenda = (valor da fazenda)/ vida útil (100 anos) + (valor imóveis)/ vida = (38,72ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+(15640R$*1,02$/R$)/40ano=	2,77E+03 $/ano
10	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 600 R$/ano * 1,02 $/R$ =	6,12E+02 $/ano
11	Produção de Milho (silagem): (produção por ano, kg/ha/ano)(valor calórico, kcal/g): (3970 kg/ha/ano)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	5,82E+10 J/ano
12	Leite - (4800 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	1,44E+10 J/ano
13	Produção de Carne Suína: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g): (925,71 kg/ano)(5,0 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]= considerando o peso morto do animal (cerca de 1/2 do peso vivo)	1,94E+10 J/ano

Cabeceira do Rio Pardo (Tabela 14)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g): (50,82 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	3,43E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g): (33,02 t/ano)[1E6 g/t](0,07 g MO/g solo)(3,6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	3,48E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais-(30cab.gado)(30 lit/dia)=	9,00E+02
	(2900 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	5,23E+09 J/ano
3	Adubação química (milho): (valor em $/kg)(kg/ano) = (0,35 $/kg)(15430 kg/ano) =	5,40E+03 $/ano
4	Eletricidade: (custo por ano) = 400 R$/ano * 1,02 R$/kwh 0,10 verif. $/R$ =	4,08E+02 $/ano
5	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 18000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,84E+04 $/ano
6	Bens e Serviços (comprados/ano) = 2100R$/ano * 1,02 $/R$ =	2,14E+03
7	Bens e Serviços da fazenda = (valor da fazenda)/ vida útil (100 anos) + (valor imóveis)/ vida = (50,82ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+(10000R$*1,02 $/R$)/40ano=	3,37E+03 $/ano
8	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 7500 R$/ano * 1,02 $/R$ =	7,65E+03 $/ano
9	Produção de Milho (silagem): (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g): (3719 kg/ha/ano)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	5,45E+10 J/ano
10	Leite - (81600 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	2,45E+11 J/ano

Gado: 30 cabeças, 81600 litros/ano 7,4520 litros/animal/dia (média)
5

Tijuco Preto (Tabela 15)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):	
	(28,8 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	1,94E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):	
	(65,87 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	6,95E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais - (40 cabeças)(30 lit/dia)+(,1lit*12000)=	2,40E+03 lit/dia
	(4400 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	7,93E+09 J/ano
4	Sementes: (ha)(valor em $/kg)(kg/ha/ano) = (4,84ha)(1.30 $/kg)(48 kg/ha/ano) =	3,02E+02 $/ano
5	Adubação química: (valor em $/kg)(kg/ano) = (0,35 $/kg)(11810 kg/ano) =	4,13E+03 $/ano
6	Inseticidas: (valor em $/ano) = (200 $/ano) =	2,00E+02 $/ano
7	Combustíveis usados: (litros usados/ano- gasolina, Diesel)(valor calórico, J/t) =	
	(2400 lit gasol. + 3000 lit Diesel)(49 E9 J/t)/[1000 lit/t] =	2,65E+11 J/ano
8	Eletricidade: (custo por ano) = 1400 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,43E+03 $/ano
9	Maquinários (várias máquinas em g/ano) = (peso total em g) / (anos de vida útil) =	
	=(4820 kg)[1000 g/kg] / (10 anos) =	4,82E+05 g/ano
10	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 9600 R$/ano * 1,02 $/R$ =	9,79E+03 $/ano
11	Bens e Serviços (comprados/ano) = 3600 R$/ano * 1,02 $/R$ =	3,67E+03 $/ano
12	Bens e Serviços da fazenda = (valor dos imóveis e da fazenda)/ vida útil =	
	(28,8 ha)(1,07 $/m2)[10000 m2/ha]/100 anos+(108000 R$ *1,02 $/R$)/40anos =	5,84E+03 $/ano
13	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 2300 R$/ano * 1,02 $/R$ =	2,35E+03 $/ano
14	Produção de Milho (silagem): (produção por ano, kg/ha/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(2500kg/ha/ano)(4,84 ha)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	1,77E+11 J/ano
15	Leite - (21600 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	6,48E+10 J/ano
16	Produção de frango: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(60000 frangos)(2 kg/frango)(5,0 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	2,51E+12 J/ano

Sitio do Paraiso (Tabela 16)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):	
	(72,6 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	4,90E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):	
	(24,63 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	2,60E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais - (60 cabeças)(30 lit/dia)=	1,80E+03
	(3800 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	6,85E+09 J/ano
3	Sementes: (ha)(valor em $/kg)(kg/ha/ano) = (2 ha)(1.30 $/kg)(48 kg/ha/ano) =	1,25E+02 $/ano
4	Esterco: (valor em $/kg)(kg/ano) = (0,35 $/kg)(10000 kg/ano) =	3,50E+03 $/ano
5	Combustíveis usados: (litros usados/ano- gasolina, Diesel)(valor calórico, J/t) =	
	(1000 lit gasol. + 3000 lit Diesel)(49 E9 J/t)/[1000 lit/t] =	1,96E+11 J/ano
6	Eletricidade: (custo por ano) = 120 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,22E+02 $/ano
7	Maquinários (várias máquinas em g/ano) = (peso total em g) / (anos de vida útil) =	
	=(6400 kg)[1000 g/kg] / (10 anos) =	6,40E+05 g/ano
8	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 1440 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,47E+03 $/ano
9	Bens e Serviços (comprados/ano) = 2300 R$/ano * 1,02 $/R$ =	2,35E+03 $/ano
10	Bens e Serviços da fazenda = (valor dos imóveis e da fazenda)/ vida útil =	
	(72,6ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+(12600R$*1,02$/R$)/40ano=	4,76E+03 $/ano
11	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 1836 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,87E+03 $/ano
12	Produção de Café: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(60kg/saca)(47 sacas/ano)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	4,13E+10 J/ano
13	Leite - (29200 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	8,76E+10 J/ano

Vale do Sol (Tabela 17)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):		
	(26,62 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	1,80E+12	J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):		
	(161,46 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	1,70E+11	J/ano
3	Água captada do rio: animais - (50 cabeças)(30 lit/dia)+(60 suinos)(10 lit/dia) =	2,10E+03	lit/dia
	(4100 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	7,39E+09	J/ano
4	Sementes: (ha)(valor em $/kg)(kg/ha/ano) = (12 ha)(1.30 $/kg)(48 kg/ha/ano) =	7,49E+02	$/ano
5	Adubo químico: (valor em $/kg)(kg/ano) = (0,35 $/kg)(18550 kg/ano) =	6,49E+03	$/ano
6	Combustíveis usados: (litros usados/ano- gasolina, Diesel)(valor calórico, J/t) =		
	(1080 lit gasol. + 540 lit Diesel)(49 E9 J/t)/[1000 lit/t] =	7,94E+10	J/ano
7	Eletricidade: (custo por ano) = 360 R$/ano * 1,02 $/R$ =	3,67E+02	$/ano
8	Maquinários (várias máquinas em g/ano) = (peso total em g) / (anos de vida útil) =		
	=(3600 kg)[1000 g/kg] / (10 anos) =	3,60E+05	g/ano
9	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 500 R$/ano * 1,02 $/R$ =	5,10E+02	$/ano
10	Bens e Serviços (comprados/ano) =3600 R$/ano * 1,02 $/R$ =	3,67E+03	$/ano
11	Bens e Serviços da fazenda = (valor dos imóveis e da fazenda)/ vida útil =		
	(26,62ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+(39600R$*1,02$/R$)/40ano=	2,64E+03	$/ano
12	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 600 R$/ano * 1,02 $/R$ =	6,12E+02	$/ano
13	Produção de Café: (produção por ano, kg/há/ano)(valor calórico, kcal/g):		
	(60kg/saca)(50 sacas/ha/ano)(1,35 ha)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	5,93E+10	J/ano
14	Leite - (21900 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	6,57E+10	J/ano
15	Produção de Carne Suína (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g):		
	(10matrizes)(8filhotes)(3vezes/ano)(20kg/filhote)(5,0 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	2,26E+11	J/ano
	considerando o peso morto do animal (cerca de 1/2 do peso vivo)		
16	Produção de Milho (silagem): (produção por ano, kg/ha/ano)(valor calórico, kcal/g):		
	(4800kg/ha/ano)(9,68 ha)(3,5 kcal/g)(4186 prod.milho estim		
	J/kcal)[1E3 g/kg]=	6,81E+11	J/ano
17	Produção de Morango: (produção por ano, kg/ha/ano)(valor calórico, kcal/g):		
	(1700 caixas/ano)(1,6 kg/caixa)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	3,99E+10	J/ano
18	Produção de Ovos: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g):		
	(511kg/ano)(5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	1,07E+10	J/ano

Atalho do Coxo (Tabela 18)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):	
	(66,55 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	4,49E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):	
	(58,87 t/ano)[1E6 g/t](0.07 g MO/g solo)(3.6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	6,21E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais - (320 cabeças)(30 lit/dia)[365 dias/ano]=	3,50E+06 lit/ano
	(11600 m3/dia)(365 dia/ano)(1000 lit/m3)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	2,09E+13 J/ano
4	Adubação química (milho): (valor em $/kg)(kg/ano) = (0,35 $/kg)(1860 kg/ano) =	6,51E+02 $/ano
5	Combustíveis usados: (litros usados/ano-gas. Diesel)(valor calórico, J/t) =	
	(240 lit Diesel)(49 E9 J/t)/[1000 lit/t]=	1,18E+10 J/ano
6	Eletricidade - (650 kWh/ano)(860 kcal/kwh)(4186 J/kcal) =	2,34E+09 J/ano
7	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 12000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,22E+04 $/ano
8	Maquinários (máquinas em g/ano) = (peso total em g) / (anos de vida útil) =	
	=(8100 kg)[1000 g/kg] / (10 anos) =	8,10E+05 g/ano
9	Bens e Serviços (comprados/ano) = 12000R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,22E+04 $/ano
10	Bens e Serviços da fazenda = (valor da fazenda)/ vida útil (100 anos) + (valor imóveis)/ vida útil =	
	(66,55ha)(0.60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+(59400R$*1,02$/R$)/40ano=	5,59E+03 $/ano
11	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 145 R$/ano * 1,02 $/R$ =	1,48E+02 $/ano
12	Produção de Milho (silagem): (produção por ano, kg/ha/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(2480 kg/ha/ano)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3g/kg]=	3,63E+10 J/ano
13	Leite - (16425 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	4,93E+10 J/ano
14	Produção de Carne Suína: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(2400 kg/ano)(5,0 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	5,02E+10 J/ano
	considerando o peso morto do animal (cerca de 1/2 do peso vivo)	
15	Produção de Café: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(250 sc)[60kg/sc](3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3g/kg]=	2,20E+11 J/ano

Chacara do Bom Retiro (Tabela 19)

ANOTAÇÕES

1	Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):	
	(29,04 ha)[10000 m2/ha](1.350 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] =	1,96E+12 J/ano
2	Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):	
	(17,23 t/ano)[1E6 g/t](0,07 g MO/g solo)(3,6 kcal/g)[4186 J/kcal] =	1,81E+10 J/ano
3	Água captada do rio: animais - (16 cabeças)(30	4,80E+02 lit/ano
	lit/dia)=	
	(2480 lit/dia)(365 dia/ano)(1kg/1lit)(4.94 E3 J/kg)=	4,47E+09 J/ano
3	Adubação química (cana, Napier):(valor em $/kg)(kg/ano)=(0,35 $/kg)(480 kg/ano)=	1,68E+02 $/ano
4	Eletricidade:(custo por ano)= 840 R$/ano*1,02$/R$ = R$/kwh 0,10 verif.	8,57E+02 $/ano
5	Mão-de-obra (valor em $/ano) = 4800 R$/ano * 1,02 $/R$ =	4,90E+03 $/ano
6	Bens e Serviços (comprados/ano) = 2000 R$/ano * 1,02 $/R$ =	2,04E+03 $/ano
7	Bens e Serviços da fazenda = (valor da fazenda)/ vida útil (100 anos) + (valor imóveis)/ vida útil =	
	(29,04ha)(0,60R$/m2*1,02$/R$)[10000m2/ha]/100ano+(72000R$*1,02 $/R$)/40ano=	3,61E+03 $/ano(estimados)
8	Trato do Gado: (ração, remédios, outros) = 4020 R$/ano * 1,02 $/R$ =	4,10E+03 $/ano
9	Produção de Capim Napier: (produção por ano, kg/ano)(valor calórico, kcal/g):	
	(4000 kg/ha/ano)(3,63 ha)(3,5 kcal/g)(4186 J/kcal)[1E3 g/kg]=	2,13E+11 J/ano
10	Leite - (25550 litros/ano)(6,2494 kcal/g)(4176 J/kcal) (1000g/lit)(0,115 PS) =	7,67E+10 J/ano
	Gado:16cabeças.	
	25550litros/ano 4,375 litros/animal/dia (média)	

Anexo 4

Anotações das Tabelas Emergéticas da Estância Demétria e da Chácara Sto Antônio.

Tabela Emergética da Chácara Sto. Antônio (Tabela 20, Anotações)

1 Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):
(1 ha)[10000 m2/ha](1,547 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3]= 7,74E+10 J//ha/ano

2 Água da mina da propriedade: (litros/hora)(horas/dia)(dias/ano)(J/kg)/5,2 ha =
= (500 lit/hr)(12 hr/dia)[365 dias/ano](1 kg/lit)(4,94 E4 J/kg)/5,2 ha= 2,08E+10 lit/ha/ano

3 Água bombeada do rio: (litros/dia)(dias/ano)(J/kg)/ 3,5 ha=
(300000 lit/dia)[300 dia/ano][1 kg/lit](4,94 E4 J/kg) / 3,5 ha= 1,27E+12 J//ha/ano

4 Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):
(5 t/ano)[1E6 g/t](0,07 g MO/g solo)(3,6 kcal/g)[4186 J/kcal] = 5,27E+09 J//ha/ano

5 Sementes: (valor em $/mês)(meses/ano) = (90 $/mês)[12 meses/ano]/ 3,5 ha = 3,09E+02 $/ha/ano

6 Esterco comprado:(valor em $/mês)(meses/ano)=(600 $/mês)[12meses/ano]/ 3,5 ha = 2,06E+03 $/ha/ano

7 Adubação química:(valor em $/mês)(meses/ano) =(80 $/mês)[12 meses/ano]/ 3,5 ha = 2,74E+02 $/ha/ano

8 Inseticidas: (valores em $/ano) = 100 $/ano / 3,5 ha 2,86E+01 $/ha/ano

9 Combustíveis usados: (horas trator, hr)(litros usados/hora, lit/hr)(valor calórico, J/t)/ 3,5 ha =
(208 hrs trator/ano)(7,5lit/hr)(44 E9 J/t)/[1000 l/t] / 3,5 ha = 1,96E+10 J//ha/ano

10 Maquinários:(1 trator)(1500 kg)[1000 g/kg] /3,5 ha/10 anos = 4,29E+04 g/ha/ano

11 Eletricidade: (consumo/mês em KWA)(meses/ano)(conversões)/ 3,5 ha =
= (1500 KWA/mês)[12 meses/ano][860 kcal/kWh][4186 J/kcal] / 3,5 ha = 1,84E+10 J//ha/ano

12 Mão-de-obra externa (horas homem): (9 pessoas)(365 - 100 dias)(2500 kcal/dia)[4186 J/kcal] / 3,5 ha =
7,13E+09 J//ha/ano
{9(265dias)(2500kcal/dia)[4186 J/kcal]}/3,5ha= 2,23E+03 $/ha/ano

13 Mão-de-obra externa paga:prêmios+despesas admin=(350+300)$/mês[12m/a]/3,5ha=

14 Mão-de-obra (donos): (dias-homem/ha/ano)(gasto energ./pessoa/dia, J/pessoa/dia)/ 3,5 ha =
[365 dias/ha/ano](2 pessoa)(2,5 E3 Kcal/pessoa/dia)[4186 J/kcal] / 3,5 ha = 2,18E+09 J//ha/ano

15 Bens de investimentos:[(propriedade/100 anos)+(casas/40 anos)+ (maquinários/15 anos)+(equipamentos/10 anos)]/3,5ha=
= [(52000 m2)(1,07 $/m2)/100 anos+(210 m2)(180 $/m2)/40 anos+(15000 $)/15 anos+(2000 $)/10 anos]/3,5ha=
7,72E+02 $/ha/ano

16 Produção de Hortaliças: (produção por ano, kg/ha/ano)(valor calórico, kcal/g)(conversão Kcal/J)=
(29500 kg/ha/ano)(3,5kcal/g)[4186 J/kcal][1E3 g/kg]= 4,32E+11 J//ha/ano

Tabela Emergética da Estância Demétria (Tabela 21, Anotações)

1 Potencial químico da chuva: (área, ha)(média da precipitação anual, m)(energia livre de Gibbs, J/g):
(1 ha)[10000 m2/ha](1,547 m/ano)(5 J/g)[1E6 g/m3] = 7,74E+10 J/ha/ano

2 Água da mina da propriedade: (litros/dia)(dias/ano)(J/kg)/ 12,74 ha=
(454050 lit/dia)[300 dia/ano][1 kg/lit](4,94 E4 J/kg) / 12,74 ha= 5,28E+11 J/ha/ano

3 Perda de solo no seu uso: (peso, t/ano)(% matéria orgânica)(valor calórico, kcal/g):
(5 t/ano)[1E6 g/t](0,07 g MO/g solo)(3,6 kcal/g)[4186 J/kcal] = 5,27E+09 J/ha/ano

4 Sementes: (valor em $/mês)(meses/ano) = (1200 $/mês)[12 meses/ano]/ 12,74 ha = 1,13E+03 $

5 Esterco produzido: (kg/ano)(val.cal)(peso seco)(conv.)= (234000 kg/ano)(3,5 kcal/g)(0,2)[4186 J/kcal][1E3 g/kg]/
12,74 ha = 5,38E+10 J/ha/ano

6 Esterco comprado: (valor em $/mês)(meses/ano) = (120$)(78 caminh/ano)/ 12,74 ha = 7,35E+02 $/ha/ano

7 Preparados biodinâmicos: (valor em $/ano) = (2000 $/ano)/ 12,74 ha = 1,57E+02 $/ha/ano

8 Combustíveis usados: (horas trator, hr)(litros usados/hora, lit/hr)(valor calórico, J/t)/ 12,74 ha =
(1200 hrs trator/ano)(7,5lit/hr)(44 E9 J/t)/[1000 l/t] / 12,74 ha = 3,11E+10 J/ha/ano

9 Maquinários:(2 tratores)(1500 kg)[1000 g/kg] /12,74 ha/10 anos = 2,35E+04 g/ha/ano

10 Eletricidade: (consumo/ano em KWA)(conversões)/ 12,74 ha =
= (35900 KWA/ano)[860 kcal/kWh][4186 J/kcal] / 12,74 ha = 1,01E+10 J/ha/ano

11 Mão-de-obra externa paga (horas homem):(22 pessoas)(365 - 100 dias)(2500 kcal/dia)[4186 J/kcal] / 3,5 ha =
4,79E+09 J/ha/ano
22(265dias)(2500kcal/dia)[4186 J/kcal]}/12,74 ha= 6,86E+03 $/ano

12 Mão-de-obra externa paga ($): despesas admin.=(2000 $/mês)[12 m/a] / 12,74 ha =

13 Bens de investimentos:[(propriedade/100 anos)+(galpões/40 anos)+ (maquinários/15 anos)+(equipamentos/10 anos)]/3,5ha=
= [(127400 m2)(1,07 $/m2)/100 anos+(200 m2)(180 $/m2)/40 anos+(15000 $)/15 anos+(15000 $)/10 anos]/12,74ha=
3,47E+02 $/ha/ano

14 Produção de Hortaliças: (produção por ano, kg/ha/ano)(valor calórico, kcal/g)(conversão Kcal/J)ha =
(18108 kg/ha/ano)(3,5 kcal/g)[4186 J/kcal][1E3 g/kg] = 2,65E+11 J/ha/ano

ANEXO 5

Tabela 1 - Calculando e calibrando coeficientes

Horticultural Production Unit

SOURCES AND STOCKS	Symbol	Unit
Natural Resources	J=	1
Deflected Energy	R =	0,1
Market Price for product	PP=	1
Goods and Services	PG=	0,5
Labor Price	PL=	0,5
Assets invested in prod.	A=	0,1
Money Stock	M=	200
Soil Stock	S=	100
Production	Y=	100
Goods and Services	G=	100
Labour	L=	10

COEFFICIENTS

Flux Equation	Value	Coefficient	Value	
Y=K6*R*S*L*A	100			
L=K3*M/PL	10			
J = R*(1+ K1*R*S*L*A)=	1	K1=	9,00E-02	K1=(J-R)/(R*Ŝ*L*A
J1 = K1*R*S*L*A =	0,9	K1=	9,00E-02	K1=J1/ALL
J2 =K2*S*R*L*A=(revised)	0,0437	K2=	4,37E-03	K2=J2/(S*R*L*A)
J3 = K3*M =	50	K3=	2,50E-01	K3=J3/M
J4=K4*A*R*S*L =	0,01	K4=	1,00E-03	K4=J4/(A*R*S*L)
J6 = K6*R*S*L*A=	100	K6=	1,00E+01	K6=J6/(R*S*L*A)
J7=K7*M=	50	K7=	2,50E-01	K7=J7/M
J20=K20*A=	0,01	K20=	1,00E-01	K20=J20/A