



**Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Graduação em Agronomia**

**USO DA ANÁLISE EMERGÉTICA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO
AMBIENTAL EM UMA PROPRIEDADE AGROECOLÓGICA**

Djalma Eugênio Schmitt

**FLORIANÓPOLIS (SC)
NOVEMBRO - 2009**

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Graduação em Agronomia

**USO DA ANÁLISE EMERGÉTICA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO
AMBIENTAL EM UMA PROPRIEDADE AGROECOLÓGICA**

Djalma Eugênio Schmitt

Trabalho apresentado à
Universidade Federal de Santa
Catarina para Conclusão do Curso
de Graduação em Agronomia.

Orientador
Profº Msc. Antônio Carlos Machado da Rosa

FLORIANÓPOLIS(SC)
NOVEMBRO - 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**USO DA ANÁLISE EMERGÉTICA COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO
AMBIENTAL EM UMA PROPRIEDADE AGROECOLÓGICA**

DJALMA EUGÊNIO SCHMITT

**Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para Conclusão do
Curso de Graduação em Agronomia – TCC**

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Msc. Antônio Carlos Machado da Rosa
(Orientador)

Msc. Denilson Dortzbach
(membro da banca)

Eng. Agr. Andréia Tecchio
(membro da banca)

Tecnólogo Rafael da Rosa Couto
(membro da banca)

FLORIANÓPOLIS (SC)
NOVEMBRO/ 2009

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Paulo e Angélica e a minha irmã que sempre me apoiaram durante a minha caminhada.

Ao professor Antônio Carlos Machado da Rosa pela orientação, amizade e confiança depositada em mim.

Ao professor Dr. Enrique Ortega e ao pessoal do Laboratório de Engenharia Aplicada pela orientação: Alexandre, Lucas, Feni, Teldes.

Ao Capa pela oportunidade, em especial à Andréia Tecchio pelo apoio e amizade.

Aos mestres pelos ensinamentos: Renato Irgang, Alberto Nagaoka, José Carlos Fiad Padilha, Sérgio Augusto Ferreira de Quadros, Marília Terezinha Sagoi Padilha, Abdon Luiz Schmitt Filho, Marcelo Maraschin, Maurício Sedrez dos Reis, Paulo Emílio Lovato, Sandro Luiz Schlindwein, Luiz Renato D'Agostini, Luiz Carlos Pittol Martini, Jucinei José Comim, Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho.

Ao pessoal que me hospedou durante duas semanas em Campinas-SP: Rodrigo, Kauan, Semente, Daniel.

Em especial às famílias que me receberam em suas casas, me atenderam carinhosamente durante o estágio: Família Durigon: Ivo José Durigon, Nair Salvador Durigon, Deise Caroline Durigon, Felipe Durigon, Tais Regina Durigon; Família Bonamigo: Antônio Joazinho Bonamigo, Izabel Cristina Salvador Bonamigo, Marcelo Bonamigo, Janaína Bonamigo, Aline Bonamigo e a família do Sr Pelissario: Adair Pelissario, Silvania Marques Pelissario, Osvaldo Francisco Pelissario, Aurora Margarida Pelissario, Wiliam Marques Pelissario, Fernanda Marques Pelissario.

Aos Amigos de Faculdade: Caetano Beber, Lucas Sartor, Leonardo Cordeiro, Jonas Bruch, Marcos Lana, Elisa Vilvert, Diego Kurtz, Ricardo Cipriani, Ada Raquel, Karen Bressan, Diego Kurtz, Alan Malinski, Bruno Trevisan, Lino Moysés, Valdenir Verlich, Gustavo Klabunde, Gisele Alves.

À minha namorada Cristiane Léis, por estar sempre presente ao meu lado.

RESUMO

Este trabalho de conclusão apresenta as atividades desenvolvidas no estágio curricular do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina, pelo acadêmico Djalma Eugênio Schmitt. Este trabalho teve como objetivo utilizar a metodologia emergética como instrumento de avaliação ambiental de uma propriedade de produção agroecológica do município de Descanso/SC. Foi realizado acompanhamento das atividades desenvolvidas na propriedade para qualificar e quantificar os insumos utilizados no sistema produtivo para posterior utilização da análise emergética. Com estes dados foi possível comparar os valores e índices para saber a eficiência energética da propriedade, podendo servir como um indicador de sustentabilidade para o agricultor. Para a realização desta análise, utilizou-se a metodologia Emergética que contabiliza as contribuições da natureza e da economia. Para uma melhor interpretação dos dados foi calculado alguns índices propostos pela metodologia, como: Transformidade (TR), Índice de Renovabilidade (%R), Razão de Rendimento Emergético (EYR), Razão de Investimento Emergético (EIR), Taxa de Intercâmbio Emergético (EER). Estes índices servem de comparação com outras propriedades e podem servir de tomada de decisão para intervenções em alguma etapa do sistema de produção, sendo uma ferramenta muito útil para a agronomia. Com relação a análise realizada na propriedade, esta é altamente sustentável, pois utiliza poucos insumos da economia. Além disso o uso da análise mostrou que a propriedade cede mais energia na forma de produto do que a recebida na forma de dinheiro, mostrando que o comércio é injusto.

Palavras chave: propriedades rurais, agroecologia, energia.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução do consumo de energia ao longo do tempo.....	17
Figura 2. Pirâmide ecológica de energia de sistema agro-alimentar.	18
Figura 3. Principais símbolos usados nos diagramas sistêmicos.....	21
Figura 4. Diagrama de uma propriedade hipotética.	23
Figura 5. Representação simplificada de um sistema produtivo.	25
Figura 6. Diagrama emergético da propriedade agroecológica da família Durigon.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tabela de avaliação de energia.....	24
Tabela 2. Exemplo para calcular a energia produzida e o dinheiro recebido pelo sistema.	25
Tabela 3. Área da propriedade	28
Tabela 4. Avaliação Emergética da Propriedade Agroecológica da família Durigon.	31
Tabela 5. Produtos gerados na propriedade agroecológica da família Durigon.	32
Tabela 6. Valores recebido pela venda dos produtos.	32
Tabela 7. Fluxos Emergéticos.....	33
Tabela 8. Índices emergéticos da produção na propriedade agroecológica da família Durigon.	33
Tabela 9. Dados de entrada do sistema de produção agroecológica da propriedade da família Durigon.....	39
Tabela 10. Peso (Kg) dos implementos agrícolas da propriedade.....	39
Tabela 11. Cálculos de energia da entrada do sistema agroecológico da família Durigon.....	40
Tabela 12. Referência para seJ/ und.	41

LISTA DE SIGLAS

CAPA: Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor
EER: Razão de intercâmbio de energia
EIR: Razão de investimento emergético
ELR: Razão de Carga Ambiental
Emdolar: Equivalente em moeda de um fluxo de energia
EYR: Razão de rendimento emergético
Ep: Energia do produto
F: Recursos na economia
I: Recursos na natureza
IFPRI: Instituto Internacional de Pesquisa em Política Alimentar
IFPRI: Instituto Internacional de Pesquisa em Política Alimentar
J: Joule
Kcal: Quilocalorias
LEIA - Laboratório de Ecologia Aplicada e Informática
M: Materiais da economia
Mn: Materiais e energia não renováveis
Mr: Materiais e energia renováveis
N: Recursos não renováveis da natureza
PNB: Produto Nacional Bruto
R: Energia dos recursos renováveis da natureza
S: Serviços da economia
SeJ: Joule de energia solar equivalente
seJ/\$: Joule de energia solar por dólar
seJ/J: Joule de energia solar por Joule
seJ/Kg: Joule de energia solar por Kg
Sn: Serviços não-renováveis
Sr: Serviços renováveis
Tr: Transformidade
US\$: Dólares americanos
VAR: Variedade de Alto Rendimento
Y: Energia do produto
\$: Dinheiro, como um fluxo
%R: Renovabilidade emergética

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
2. Objetivos.....	13
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos.....	13
3. Justificativa.....	14
4. Revisão bibliográfica.....	15
4.1 Agroecologia.....	15
4.2 Energia.....	16
4.3 Análise Emergética	20
4.3.1 Primeira Etapa (desenho do diagrama de fluxos de energia)	21
4.3.2 Segunda Etapa (organização dos dados na tabela de energia).....	23
4.3.3 Terceira Etapa (cálculo e interpretação dos dados)	26
5. Material e Método	27
5.1 Área de estudo	27
6. Resultado e Discussão	28
6.1 Análise emergética da propriedade agroecológica Família Durigon.....	28
7. Conclusões.....	35
8. Referências bibliográficas.....	36
ANEXOS	39

1. Introdução

Diferentes indicadores são capazes de caracterizar os sistemas agrícolas e podem ser propostos através da análise emergética. Essa metodologia, desenvolvida por Odum, tem sido amplamente utilizada em pesquisas sobre indicadores para avaliação da eficiência e impacto ambiental de sistemas agrícolas. Conforme Kamiya (2005), os índices fornecidos pela análise emergética permitem que sistemas agrícolas, com modelos de produção diferentes, sejam comparados. Deste modo, pode-se obter o modelo de produção que apresenta os melhores desempenhos ambientais, econômicos e sociais.

Dentro da concepção de novos modelos de desenvolvimento, destaca-se a necessidade de fortalecimento de uma agricultura menos degradante, mais eficiente, geradora de trabalho e renda e que garanta saúde, qualidade de vida e dignidade àqueles que dela dependem. Uma das formas de garantir as condições acima descritas é a adoção de sistemas fundamentados na agroecologia, definida por Altieri & Nicholls (2000) como “o enfoque que considera os ecossistemas agrícolas como as unidades fundamentais de estudo; e nestes sistemas, os ciclos minerais, as transformações de energia, os processos biológicos e as relações socioeconômicas são pesquisadas e analisadas como um todo”.

O banco mundial estima que cerca de 800 milhões de pessoas sub-existem subnutridas, em grande parte porque não tem acesso aos alimentos que são produzidos. Os sistemas de produção de alimentos em todo o mundo já se encontra pressionado por vários fatores: solos em erosão, reservas de água potável em declínio, desmatamento, desertificação, desastres naturais e alterações climáticas globais. Esses e vários outros aspectos vêm tornando cada vez mais difícil manter – quanto mais aumentar – a produção de alimentos em muitas regiões do planeta (McNEELY & SCHEER, 2009).

A primeira etapa do estágio foi realizada em propriedade agroecológica localizada em Descanso-SC, no Extremo Oeste de Santa Catarina. Os agricultores são assessorados pela organização não governamental Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor (CAPA).

O CAPA foi criado em 1978 pela Igreja Evangélica de Confissão Luterana do Brasil (IECLB), com a visão de promover o desenvolvimento sustentável, fornecendo apoio aos agricultores familiares que trabalham em grupo e com produtos agroecológicos.

A ONG possui uma equipe multidisciplinar que atua na área de produção rural, comercialização e também com capacitação, através de cursos e palestras para filhos de agricultores, agricultores, técnicos e estudantes.

O Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor trabalha com uma proposta agroecológica, que está dentro do novo modelo de desenvolvimento, visando a sustentabilidade da agricultura familiar.

A segunda etapa do estágio foi realizado junto ao Laboratório de Engenharia Ecológica e Informática (LEIA), na Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (FEA/Unicamp-SP), tendo o objetivo de esclarecimento da metodologia, construção de diagramas e realização de cálculos emergéticos dos dados coletados nas propriedades agroecológicas do município de Descanso/SC.

O LEIA foi criado em 1985 para desenvolver estudos sobre a interface da Engenharia de Alimentos com a ecologia e a informática, sob a coordenação do professor Dr. Enrique Ortega. O LEIA é o principal laboratório que trabalha com a metodologia emergética, que é utilizada para avaliação dos sistemas produtivos no Brasil, realizando diagnóstico ambiental agrícola, modelagens e simulações que analisam o desempenho ao longo do tempo, assim como avaliação emergética de projetos para o desenvolvimento sustentável.

Conforme Altieri (2002), agroecologia é uma ciência que tem por objeto o estudo holístico dos agroecossistemas, que buscam copiar os processos naturais empregando um enfoque de manejo de recursos naturais para condições específicas de propriedades rurais respondendo pelas necessidades e aspirações de agricultores em determinadas regiões.

Os sistemas de produção precisam ser energeticamente sustentáveis, uma vez que os sistemas agrícolas são abertos, a quantidade de energia que entra no sistema deve ser preferencialmente igual ou menor a que sai (MACHADO FILHO et al., 2001).

A distribuição do uso da energia também é um importante fator a ser considerado na avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas, porque ela está associada ao fluxo de matéria e de renda dentro e entre os sistemas. Isso implica que o fortalecimento relativo de um sistema produtivo resulta na fragilidade de outros, em função das relações de troca e/ou transferência que se estabelecem entre eles (ALTIERI & MASERA, 1997).

A energia tem quantidade e qualidade e as formas concentradas de energia, como combustíveis fósseis, tem uma qualidade muito mais alta, pois podem realizar trabalhos diferenciados. Podemos expressar a qualidade de energia ou concentração quanto a quantidade de um tipo de energia (como a luz solar) necessária para desenvolver a mesma quantidade de outro tipo. A soma da energia disponível já usada direta ou indiretamente para criar um serviço ou produto, pode ser calculada pela energia (ODUM & BARRET, 2008).

Energia é definida como a quantidade de energia necessária, de forma direta ou

indireta, para obter um produto (bem ou serviço) em um determinado processo, sendo sua unidade expressa em seJ - joule de energia solar. O uso de uma única unidade para a qual são convertidos os diversos tipos de energia permite somar todas as contribuições de energia utilizadas para a obtenção de um determinado produto ou serviço (BARRELLA et al., 2005).

De acordo com Agostinho (2005), a metodologia emergética foi proposta por Howard T. Odum, essa metodologia contabiliza fluxos de recursos da natureza, assim como os materiais, serviços e *inputs* humanos numa mesma base de medida (energia solar equivalente - seJ), que permite comparar a dinâmica destes fluxos dentro da unidade estudada, entre a unidade e sua região e entre modelos de agricultura.

A análise emergética surgiu da análise energética dos sistemas naturais, usando como base a termodinâmica. Ela resolveu o desafio da mensuração do conteúdo de energia dos fluxos provenientes da natureza, medindo toda energia que a biosfera usa para produzir esses recursos em termos de energia solar equivalente. A metodologia emergética tem avançado e pode enfrentar o desafio de medir a energia do trabalho humano e das contribuições dos recursos naturais (AGOSTINHO, 2005).

Essa metodologia tem como objetivo analisar os fluxos de energia e materiais nos sistemas agrícolas dominados pelo homem, para mostrar a nossa dependência das fontes de energia naturais e fósseis. Isto serve para descobrir se é viável ou não a interação entre os sistemas da economia humana e os ecossistemas naturais. Na análise emergética consideram-se todos os insumos utilizados no sistema produtivo de uma propriedade agrícola, incluindo também as contribuições da natureza (chuva, água de poços, nascentes, solo, sedimentos, biodiversidade) e os fornecimentos da economia (materiais, maquinaria, combustível, serviços, pagamentos em moeda, etc.), bem como energia solar agregada (ALBUQUERQUE, 2006).

A proposta deste trabalho é de divulgar a metodologia emergética como uma nova ferramenta de análise do sistema produtivo, visto que esta não é muito conhecida na agronomia, realizando a análise emergética de uma propriedade agroecológica localizada no município de Descanso/SC, como um exemplo do uso desta ferramenta.

2. Objetivos

2.1 Objetivo geral

Utilizar a metodologia emergética como instrumento de avaliação ambiental de uma propriedade de produção agroecológica do município de Descanso/SC.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar um sistema produtivo agroecológico localizado no município de Descanso/SC, usando a metodologia emergética;
- Descrever os passos para a realização da análise emergética;
- Realizar uma discussão sobre a metodologia emergética como avaliação do desempenho ambiental, social e econômico;
- Disponibilizar dados que sirvam como base para trabalhos futuros e material de estudo sobre questões ligadas a sistemas de produção agroecológico utilizando a metodologia emergética.

3. Justificativa

Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Ambiente e Desenvolvimento publicou um relatório intitulado *Nosso Futuro Comum*, que ficou conhecido como “Relatório Brundtland”. O relatório concluiu que as atuais tendências no desenvolvimento econômico e da degradação ambiental são insustentáveis e os danos aos ecossistemas estão desvalorizando o status econômico de boa parte da população mundial, necessitando de mudanças (ODUM, 2007).

A agricultura é caracterizada pela produção de alimentos, fibras, combustíveis, resíduos orgânicos e pelo consumo de energia solar, ar, água, nutrientes orgânicos e minerais do solo e pela energia adicionada pelas forças humana e animal, fertilizantes e óleo diesel (COSTA BEBER, 1989, *apud* CAMPOS & CAMPOS, 2004). A lei da entropia indica que os ecossistemas são sistemas termodinâmicos abertos sendo que a energia tende a degradar-se nos processos de utilização, transformando-se de formas úteis em não-úteis, com tendência ao estado de equilíbrio (ODUM, 2007).

A transição de uma agricultura do modelo convencional, apregoado pela Revolução Verde, para modelos de agriculturas de base ecológica, que buscam o desenvolvimento sustentável onde são incorporados princípios e técnicas da Agroecologia, vêm sendo associadas com grande eficiência pelo uso de metodologias participativas e o uso de indicadores de sustentabilidade (RICARTE et al., 2006).

Conforme Ricarte et al. (2006), os indicadores são instrumentos que os agricultores podem utilizar para a realização de diagnósticos, avaliações e discussões sobre o estado em que se encontra sua propriedade, além de ser fundamental para o monitoramento, planejamento e tomada de decisões no processo de transição para agricultura de base ecológica.

Com o uso da análise emergética, é possível mensurar a quantidade de energia dos fluxos provenientes da natureza, medindo toda energia utilizada para produzir esses recursos em termos de energia solar equivalente (AGOSTINHO & ORTEGA, 2007).

A avaliação emergética propõe o uso de índices que fornece à sociedade valores quantitativos e características de sustentabilidade, e também o impacto ambiental e a contribuição do produto aos sistemas que o compram, podendo desta forma avaliar a sustentabilidade do sistema produtivo.

4. Revisão bibliográfica

4.1 Agroecologia

A agricultura convencional, principalmente a intensiva tem se caracterizado como altamente dependente de insumos externos, como os produtos não renováveis derivados do petróleo, por exemplo. Além disso, esta agricultura muitas vezes é ineficiente sob o ponto de vista energético, trazendo problemas ambientais e econômicos, como a diminuição da biodiversidade, a erosão dos solos, a contaminação dos recursos naturais e dos alimentos, a concentração de terras e riquezas que provocaram grande êxodo rural (AGOSTINHO & ORTEGA, 2007). Esta agricultura está centrada num pacote tecnológico montado a partir de sementes de Variedades de Alto Rendimento - VAR e um conjunto de práticas e insumos agrícolas indispensáveis para assegurar os ganhos crescentes em produtividade, consolidando como modelo predominante (CAPORAL, 2003).

O desenvolvimento da agricultura no mundo vem atravessando constantes mudanças, trazendo um aumento na produtividade e conseqüentemente a intensificação de utilização de recursos não renováveis, influenciando a sustentabilidade dos sistemas produtivos. A utilização desses recursos contribuiu para a diminuição do trabalho humano, a partir da mecanização, surgiram dificuldades complexas, tanto sociais, econômicas, como ambientais (ROMERO et al., 2006).

Esse desenvolvimento teve início na chamada “Revolução Verde”, que foi implantado a partir da segunda guerra mundial e busca o aumento da produtividade agrícola com o emprego de um pacote tecnológico que vai desde adubos e defensivos até mudança na base genética das plantas. Este fato trouxe o aumento da produtividade do milho e do trigo. No entanto, conforme George (1980), este pacote também trouxe desvantagens, como aumento de despesas, dependência de insumos externos, perda de biodiversidade e poluição ambiental.

A partir dos anos 80 surge a Agroecologia, procurando colocar em evidência a preservação da biodiversidade, sendo um campo promissor de conhecimento. Uma Ciência com especial potencial para orientar processos de transição a estilos de agricultura e de desenvolvimento rural sustentável (CAPORAL & COSTABEBER, 2002). Conforme os autores, a agroecologia corresponde fundamentalmente a um campo de conhecimento de natureza multidisciplinar que pretende construir uma agricultura de base ecológica e na elaboração de estratégias de desenvolvimento rural, tendo como referência as idéias de sustentabilidade numa perspectiva multidimensional de longo prazo.

De acordo com Altieri (2002), a agroecologia ultrapassa a visão tecnicista dos agroecossistemas - genética, agrônômica e edafológica - incluindo a análise das dimensões ecológicas, sociais e culturais. Já para Rocha & Siman (2007), a agroecologia promove ainda o conhecimento e a experiência que os agricultores de cada região possuem sobre as peculiaridades ambientais do lugar onde vivem. As propriedades familiares oferecem grande possibilidade no processo de conversão à agricultura sustentável em função das atividades diversas e da quebra do padrão monocultural.

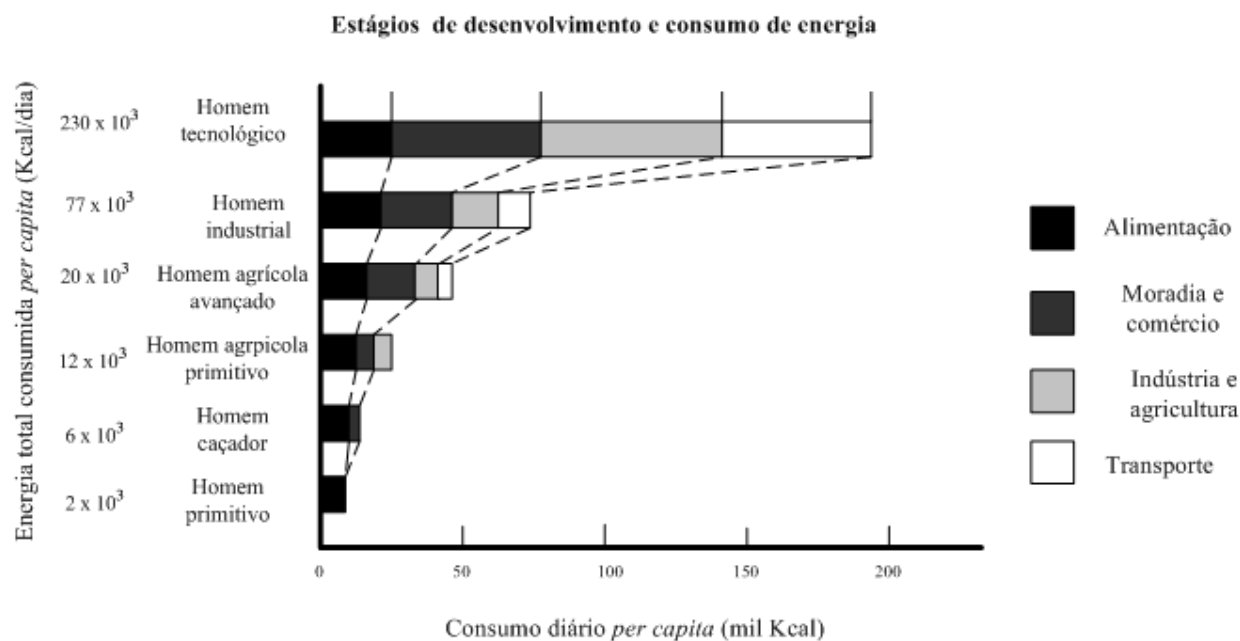
Altieri (2008) ressalta que os princípios básicos de um agroecossistema sustentável estão na conservação dos recursos renováveis, na adaptação dos cultivos ao ambiente e na manutenção de um nível moderado, porém sustentável de produtividade, enfatizando a sustentabilidade ecológica de longo prazo.

Portanto, a agroecologia apresenta-se como uma nova e dinâmica ciência, fornecendo princípios ecológicos básicos para o tratamento de ecossistemas, tanto no que se refere à produtividade agrícola com inclusão social e na promoção da cidadania, quanto à preservação dos recursos naturais (ROCHA & SIMAN, 2007).

4.2 Energia

A humanidade é apenas uma das notáveis proliferações naturais que dependem da entrada de um fluxo contínuo da energia concentrada. A agricultura tornou-se muito mais intensiva no tocante à energia, consumindo muito mais que produz. A sustentabilidade dos sistemas de produção no que se refere à energia pode estar ameaçada em longo prazo à medida que os combustíveis fósseis se tornarem mais caros (McNEELY & SCHERR, 2009).

Ao longo da história da humanidade, constata-se um vertiginoso crescimento do consumo de energia, sobretudo, a partir da revolução industrial. Conforme os dados representados na Figura 1, a humanidade evoluiu de um consumo de cerca de 2000Kcal/dia (o homem primitivo) para um consumo cerca de 230.000 kcal/dia (o homem tecnológico). A continuidade dessa evolução de consumo energético se torna incompatível com recursos finitos disponíveis no planeta (SEILERT, 2009).



(Adaptado de Goldemberg (1998), por Djalma Eugênio Schmitt)

Figura 1. Evolução do consumo de energia ao longo do tempo.

A história mostra ainda que o aumento da riqueza faz subir o consumo *per capita* de produtos agrícolas, especialmente, carnes, frutas e vegetais. O Instituto Internacional de Pesquisa em Política Alimentar (IFPRI) projeta que a demanda por carne aumentará 63% entre 1993 e 2020. Espera-se ainda que a demanda global por cereais cresça cerca de 41% e a por raízes e tubérculos, 40%; Além disso, 80 e 90% da demanda crescente por essas culturas, virão de países em desenvolvimento (McNEELY & SCHERR, 2009).

Conforme Odum & Barret (2008), a alta produtividade e altas taxas de produtividade líquida-bruta na colheita são mantidas por grandes entradas de energia envolvida no cultivo. O combustível usado para acionar o maquinário das propriedades é uma entrada de energia tanto quanto o Sol. Nos Estados Unidos, a entrada dos subsídios de energia na agricultura aumentou cerca de dez vezes entre 1900 e 1980, com entrada de cerca de uma a dez calorias para cada caloria de alimento colhido. A duplicação do rendimento da colheita requer um aumento de dez vezes nas entradas de combustíveis fósseis, fertilizantes e defensivos. Os autores ressaltam ainda que, o outro modo pelo qual os humanos aumentam a produção de alimentos, não envolve uma elevação na produtividade bruta, mas a seleção genética no sentido de aumentar a razão de rendimento. A desvantagem é que a planta modificada não tem

muita energia para produzir compostos químicos para se defender, assim terá que ser usado mais defensivos, que exigirá uma demanda de energia maior, no cultivo de variedades modificadas.

A produtividade primária de um ecossistema é a energia acumulada pelas plantas através da fotossíntese, pois é a primeira e a mais básica forma de armazenamento de energia em um ecossistema (GLIESSMAN, 2001).

A eficiência fotossintética é a porcentagem de energia na luz do sol que é convertida para a produção primária durante a estação de crescimento (RICKLEFTS, 2003). A cada etapa da cadeia alimentar 80-95% da energia são perdidos. As plantas utilizam cerca entre 15 e 70% da energia luminosa assimilada pela fotossíntese para manutenção, tornando essa fração indisponível para os consumidores. Na figura 2 está apresentada a pirâmide ecológica de energia para sistemas agro-alimentares, onde apenas 5 a 20 % da energia passam de um nível pra outro.

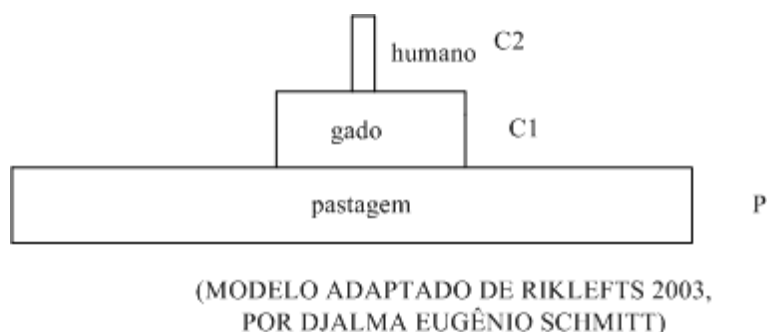


Figura 2. Pirâmide ecológica de energia de sistema agro-alimentar.

(P) produtor, (C1) consumidor primário, (C2) consumidor secundário.

A transferência de energia ao longo da cadeia alimentar de um ecossistema é chamada de fluxo de energia porque, de acordo com a lei da entropia, as transformações da energia são “unidirecionais” em contraste com o comportamento cíclico da matéria (ODUM & BARRET, 2008). Conforme os autores, as altas taxas de produção ocorrem quando os fatores físicos são favoráveis, especialmente quando os subsídios de energia (como os fertilizantes) de fora do sistema aumentam o crescimento ou as taxas de produção dentro do sistema. Esses subsídios de energia também pode ser o trabalho do vento e da chuva em uma floresta, ou de combustíveis fósseis, a energia do trabalho animal ou humano usado no cultivo agrícola.

Os fluxos de energia dentro de um sistema ocorrem numa só direção, no sentido de

formas mais concentradas, havendo uma grande perda sob a forma de energia calórica de baixa qualidade e a matéria pode ser reutilizada várias vezes sem perder suas características básicas (ODUM, 1988, *apud* CAVALETT, 2004).

Um agroecossistema pode ser analisado como unidade de captar e tornar disponível a energia vital para a espécie humana de diferentes formas. A luz do sol, é a principal fonte de energia que é incorporada aos componentes bióticos do sistema, via fotossíntese. Embora apenas 1% a 2% da energia solar é aproveitada pelas plantas, ela representa a base de sustentação energética da maioria dos seres vivos (GARCIA, 2001).

O comportamento da energia é descrito pela primeira e segunda lei da termodinâmica. A primeira lei estabelece que a energia possa ser transformada de uma forma para outra, mas não pode ser criada nem destruída. A segunda lei termodinâmica determina que os processos que envolvem transformações de energia não ocorrerão espontaneamente, a menos que haja uma degradação de energia de uma forma organizada para uma forma não organizada (a entropia tende a aumentar). Essa determinação nos remete à importância da prudência ecológica na escolha de alternativas das fontes de energia e as correspondentes cadeias de produção, levando em consideração duas medidas fundamentais, como a busca de alternativas que exijam o mínimo de etapas de transformação possível, visando evitar perdas de energia não aproveitável para o ambiente e o mínimo de intervenções ambientais; e a adoção de sistemas de produção e consumo ecoeficiente (ODUM & BARRETT, 2008).

A distribuição do uso da energia também é um importante fator a ser considerado na avaliação da sustentabilidade dos agroecossistemas, porque ela está associada ao fluxo de matéria e de renda dentro e entre os sistemas. Isso implica que o fortalecimento relativo de um sistema produtivo resulta na fragilidade de outros, em função das relações de troca e/ou transferência que se estabelecem entre eles (ALTIERI & MASERA, 1997).

Para saber se a atividade é sustentável, principalmente sob o ponto de vista energético é preciso fazer avaliações quantitativas e para isso várias metodologias são utilizadas.

Segundo Cleveland (1995), *apud* por Soares et al., (2007), existe uma grande dificuldade em obter dados consistentes e confiáveis relativos ao uso de energia na agricultura. As séries temporais do uso de energia agregada na agricultura pecam pela pobreza de dados e qualidade da metodologia.

A avaliação dos *inputs* energéticos das operações de cultivo é importante para estimar a energia investida no sistema de produção e identificar os pontos de desperdícios energéticos e os componentes que podem ser substituídos por outros de maior eficiência, além de

melhorar a visibilidade sobre o balanço energético, edificando um novo suporte científico à produção de energia de forma sustentável.

4.3 Análise Emergética

Podemos expressar a qualidade de energia ou concentração quanto a quantidade de um tipo de energia (como a luz solar) necessária para desenvolver a mesma quantidade de outro tipo (ODUM & BARRETT, 2008).

Embora tenha numerosos termos para quantificar energia (joule, watts, cal), não existem termos para a qualidade da energia no uso geral. Em 1971, H.T. Odum propôs o termo energia incorporada como uma medida de qualidade e o rebatizou de Emergia em 1996, definida como todas as energias disponíveis já usadas, direta ou indiretamente, para criar um produto ou serviço (ODUM, 1996). Assim se mil calorias de luz solar são necessárias para produzir uma caloria de alimento pelas plantas, a transformação ou transformidade é de mil calorias solar para uma de alimento e a emergia do alimento é de mil calorias de energia solar (ODUM & BARRETT, 2008).

A transformidade mede a qualidade de energia e sua posição na hierarquia de energia universal, ou seja, quanto maior a transformidade de um recurso mais longe da origem ele estará, pois há muito valor agregado embutido nele. Quanto maior é o trabalho da natureza na produção de recursos, menor é seu preço devido à sua abundância, pois de maneira geral, a riqueza real dos recursos ambientais é inversamente proporcional aos custos monetários, assim sendo o preço em dinheiro não representa o valor do trabalho incorporado no recurso. Em outras palavras, isso significa que o trabalho da natureza deve ser reconhecido e corretamente valorizado no mercado (ODUM, 2001).

A Análise Emergética analisa os fluxos de energia e materiais nos sistemas dominados pelo homem. Esta metodologia estima valores das energias naturais geralmente não contabilizadas na economia clássica, incorporadas aos produtos, processos e serviços. Por meio de indicadores, 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 (SOUZA, 2006).

O procedimento de aplicação da metodologia emergética pode ser dividido em três etapas principais. A primeira etapa consiste em desenhar o diagrama de fluxos de energia para reconhecer os principais elementos do sistema. Na segunda etapa organizam-se os dados em uma tabela de avaliação de emergia e, na terceira etapa, calculam-se e interpretam-se os

indicadores energéticos quantitativos, indicando os esforços que devem ser feitos para aprimorar o sistema (CAVALETT, 2006).

4.3.1 Primeira Etapa (desenho do diagrama de fluxos de energia)

Para a realização da primeira etapa há necessidade de se ter uma visão sistêmica, isto é, que consiga enxergar todas as atividades como sistemas integrados ou interligados. Essa visão sistêmica permite conhecer o modo de funcionamento da propriedade e a interação dela com a natureza e, também, a modelar e simular novos sistemas (AGOSTINHO, 2005).

O diagrama é usado como base para construir a tabela com os dados necessários para a análise energética, pois permitem um melhor entendimento e visualização do sistema como um todo. Os diagramas de fluxo de energia mostram os elementos mais importantes do sistema. Os fluxos de energia de menor intensidade, mais dispersos, ficam a esquerda do diagrama. À medida que se caminha para direita no diagrama os fluxos de energia são mais concentrados e mais complexos (SOUZA, 2006).

O primeiro passo para desenhar o diagrama sistêmico é identificar seus componentes principais, as entradas e saídas. Isso é realizado na etapa de levantamento de dados a partir de trabalho realizado a campo na propriedade. No diagrama, é necessário colocar os limites do sistema para identificar todos os importantes fluxos de entrada e saída que cruzam as fronteiras do sistema escolhido. Cada um desses fluxos se converte em uma linha que vai desde a fonte até os componentes que a utilizam (CAVALETT, 2004).

A Figura 3 mostra o significado dos principais símbolos usados nos diagramas sistêmicos.

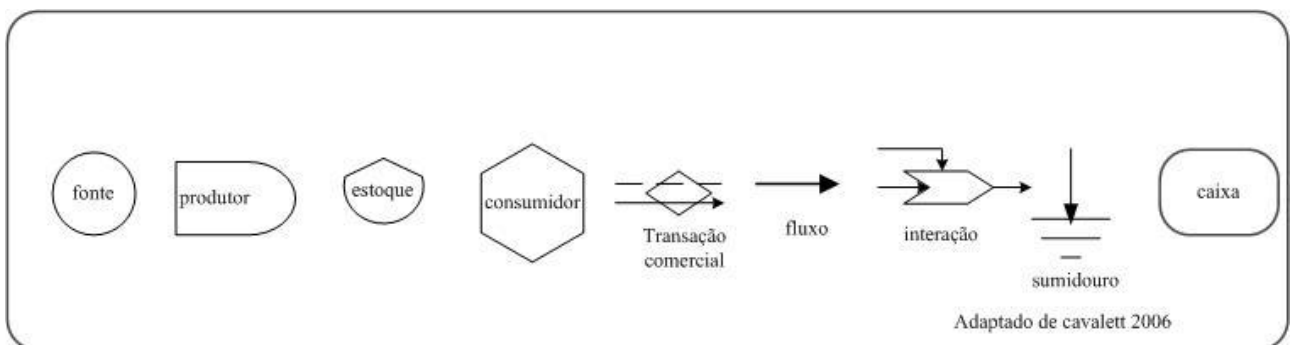


Figura 3. Principais símbolos usados nos diagramas sistêmicos.

Cada símbolo possui um significado, que é descrito a seguir:



Fonte energética - Energia que acompanha cada um dos recursos usados pelo ecossistema como o sol, os ventos, as chuvas, as sementes trazidas para dentro do sistema.



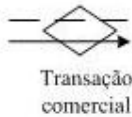
Produtor - Unidade que coleta e transforma energias de baixa qualidade em energias de alta qualidade, usando interações de energia de forma controlada.



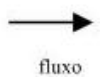
Estoque - Um lugar onde a energia ou material estão estocados. Recursos como biomassa florestal, solo, matéria orgânica, água do subsolo, areia, nutrientes, etc.



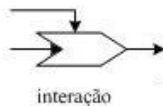
Consumidor - Unidade que transforma a qualidade de energia alimentada, produzida pelo produtor como insetos, gado, microorganismos, seres humanos e cidades.



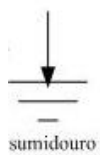
Transação - Uma unidade que indica a venda de produtos e serviços (linha cheia) em troca do pagamento em dinheiro (linha tracejada). O preço é mostrado como uma fonte de energia externa.



Fluxo de energia - Um fluxo cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à intensidade da fonte que o produz.



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



Sumidouro de energia - Dispersão da energia potencial empregada no sistema. A energia potencial é utilizada para produzir trabalho e o custo dessa transformação é a degradação da energia, a qual abandona o sistema como energia de baixa intensidade. Todos os processos de interação e os armazenamentos dispersam energia.



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.

Na figura 4 é apresentado o diagrama de uma propriedade hipotética, utilizando alguns dos símbolos.

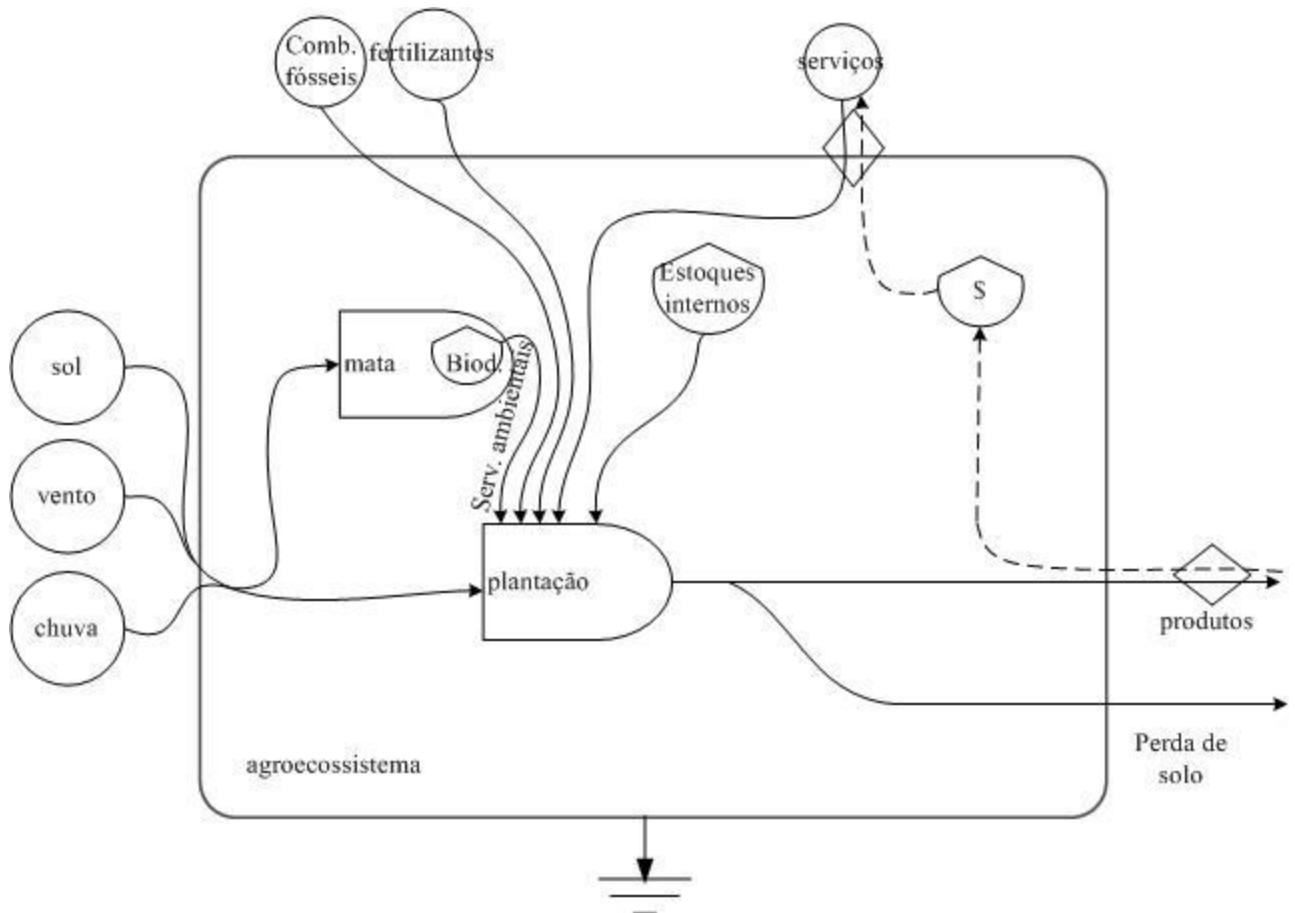


Figura 4. Diagrama de uma propriedade hipotética.

4.3.2 Segunda Etapa (organização dos dados na tabela de energia)

A segunda etapa consiste em converter cada linha dos fluxos de entrada do diagrama em uma linha de cálculo na tabela de avaliação de energia (Tabela1). Cada linha na tabela é um “caminho” de entrada no diagrama agregado do sistema observado. Dessa forma, os “caminhos” são avaliados como fluxos em unidades por ano.

Tabela 1. Tabela de avaliação de energia.

Nota (1)	Contribuições (2)	Valor (3)	unidades (4)	Transformidades (5)	Fluxo de energia (6)
R: Recursos da natureza renováveis					
N: Recursos da natureza não-renováveis					
M: Materiais da economia					
S: Serviços da economia					

A coluna (1) consiste em uma nota para referenciar os detalhes dos cálculos de cada um dos fluxos de energia, enquanto que a coluna (2) fornece o nome dos insumos do sistema. A coluna (3) contém o valor numérico da quantidade de cada fluxo e a coluna (4) contém as unidades dos valores da coluna (3). A coluna (5) contém o valor da transformidade ou energia por unidade (seJ/kg, seJ/J ou seJ/US\$) para cada fluxo da coluna (3). A unidade da transformidade depende da unidade da coluna (4). A coluna (6) contém o fluxo de energia total, que é calculado multiplicando-se a coluna (3) pela coluna (5) (ALBUQUERQUE, 2006).

Os primeiros fluxos colocados são os relacionados à contribuição da natureza (I), ou seja, os recursos naturais renováveis (R) e os não-renováveis (N). Depois são colocados os recursos da economia (F), que são divididos em materiais (M) e serviços (S). No final, tem-se o total de energia utilizado pelo sistema (Y), que é a soma de I com F. A Figura 5 resume o exposto acima. Com os valores desses fluxos agregados, é possível obter o valor dos índices energéticos, os quais permitirão comparar sistemas (AGOSTINHO, 2005).

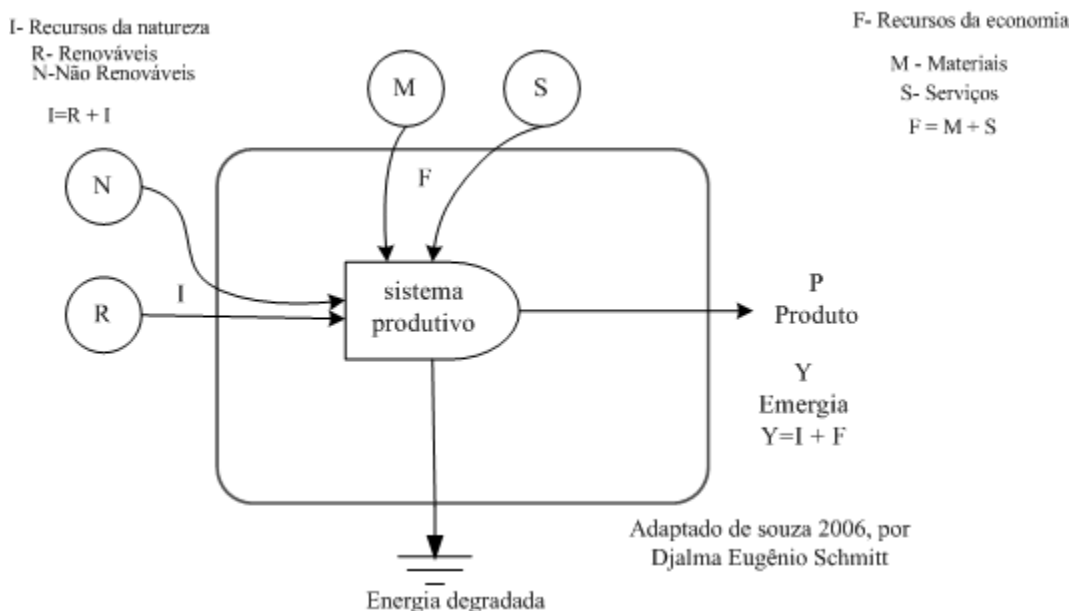


Figura 5. Representação simplificada de um sistema produtivo.

Definições obtidas de trabalhos de Comar (1998) e Ulgiatti et al. (1994): a energia não renovável (N) é o estoque de energia e matéria como os minerais, solo e combustíveis fósseis, que são consumidos em uma razão que excede o processo de produção geológica; a energia renovável (R) é o fluxo de energia que é praticamente constante e recorrente, que conduz os processos biológicos e químicos da Terra, e contribui para os processos geológicos; o retorno energético (F) é a energia proveniente de um nível hierárquico superior e que influencia o fluxo no sistema energético, como os combustíveis, bens e serviços provenientes das atividades humanas; o produto é a energia fornecida pelo sistema e corresponde a somatória das energias dos recursos utilizados.

A seguir é apresentada a tabela dos produtos da propriedade, que contém a energia produzida e o dinheiro recebido ao longo de um período, que normalmente é de um ano (Tabela 2).

Tabela 2. Exemplo para calcular a energia produzida e o dinheiro recebido pelo sistema.

Produto	Produção[kg/ano]	Valor Calórico do produto[kcal/kg]	Energia do produto [J/ha.ano]	Dinheiro recebido pelas vendas[R\$/ano]
Total:				

4.3.3 Terceira Etapa (cálculo e interpretação dos dados)

A terceira etapa consiste em obter os índices emergéticos a partir dos indicadores agregados obtidos anteriormente através da tabela de avaliação de fluxos de energia. Os índices são os seguintes (CAVALLET, 2004):

- Transformidade (Tr): A transformidade avalia a intensidade da energia produzida pelo sistema. Esse índice avalia a qualidade do fluxo de energia e permite fazer comparações com outras formas de energia de outros sistemas, além de ser uma medida da posição do produto em termos de hierarquia energética. A transformidade solar do recurso gerado por um sistema é obtida dividindo-se a energia que o sistema incorporou ao produto final (Y) pela energia produzida pelo sistema (E_p), ou seja, $Tr=Y/E_p$. Sua unidade é expressa em energia por unidade de energia, massa ou dinheiro, usualmente seJ/J, seJ/kg ou seJ/US\$;
- Renovabilidade Emergética (%R): é utilizada para avaliar a sustentabilidade dos sistemas de produção. O índice de renovabilidade é expresso em porcentagem e é definido como a razão entre a energia dos recursos naturais renováveis empregados (R) e a energia total utilizada pelo sistema (Y), ou seja, $\%R=R/Y$;
- Razão de Rendimento Emergético (EYR): é uma medida da incorporação de energia da natureza e é expresso como a relação do total de energia investida (Y) por unidade de retorno econômico (F), ou seja, $EYR=Y/F$. Indica quanta energia da natureza (gratuita) o processo retorna ao setor econômico;
- Razão de Investimento Emergético (EIR): mede o investimento da sociedade para produzir determinado bem em relação à contribuição da natureza. O EIR é obtido através da divisão dos recursos da economia (F) pelos recursos provenientes da natureza (I), ou seja, $EIR=F/I$. Pode ser interpretado como um índice de competitividade que varia com o lugar e o tempo;
- Taxa de Intercâmbio Emergético (EER): De acordo com Odum (2001), como as pessoas não pensam em unidades de energia, é recomendado o uso de seu equivalente econômico denominado Emdólar*. Ele é obtido através da razão energia/dinheiro,

onde a energia contabiliza todas as fontes energéticas usadas pelo sistema natureza-economia humana do país em determinado ano, e o dinheiro é o produto nacional bruto (PNB) expresso em dólares na taxa média anual.

A taxa de intercâmbio energético (EER) é a energia do produto (Y) dividido pelo valor de energia recebido pela venda do produto, que é encontrado através da multiplicação da relação energia/dinheiro (chamado de Emdólar e cuja unidade é seJ/US\$) pelo dinheiro recebido pela venda (US\$), ou seja, $EER=Y/[US\$ \times seJ/US\$]$. É a relação de energia recebida pela energia fornecida nas transações econômicas (vendas no comércio). Esse índice avalia se o produtor está recebendo na venda dos produtos, toda a energia necessária para a produção.

Com os índices, podem-se comparar os sistemas analisados e fazer alguns julgamentos. Os critérios usados no julgamento de alternativas diferem, dependendo do caso, entre compararem-se dois ou mais sistemas, ou avaliar-se um único. Os índices avaliam a sustentabilidade do sistema, verificando qual a dependência de insumos da economia, serviços, recursos naturais renováveis e não renováveis. Através dos índices, pode-se analisar se a sobrevivência do sistema está relacionada à utilização excessiva de recursos não-renováveis ou se está baseada na utilização racional de recursos da natureza, garantindo maior sustentabilidade (AGOSTINHO, 2005).

5. Material e Método

5.1 Área de estudo

A propriedade que foi realizada a análise energética está localizada no município de Descanso-SC, no Extremo Oeste Catarinense, localizado no Bioma Mata Atlântica, cuja vegetação original é a Floresta Estacional Decidual. A propriedade da família Durigon, está localizada na Linha Bela Vista Durigon a noroeste da sede do município, com altitude de 620 metros.

O município de Descanso possui área de 286 km², com 8.705 habitantes. As temperaturas médias são em torno de 15 a 18°C. O solo da região possui de média a boa fertilidade natural, com alto teor de argila e alta pedregosidade.

A produção da unidade de produção familiar da família Durigon está voltada para atender a necessidade interna de alimentos, assim como a venda para a cooperativa e a venda

direta aos consumidores que reservam determinados produtos e também a venda do leite a laticínios da região, sendo o principal produto da propriedade. Os principais produtos comercializados são: leite, laranja, trigo, linhaça, milho híbrido e crioulo, soja, além de uma grande quantidade de produtos que não são comercializados, mas que servem para a alimentação da família.

A propriedade iniciou a transição do sistema convencional para agroecológico no ano de 2004, em etapas. Assim, a cada ano uma área maior deixava de usar insumos químicos e no ano de 2009, toda a área já está convertida em um sistema de produção agroecológica.

A unidade de produção familiar possui uma área de 45,8 hectares, sendo 54% da propriedade com área de mata nativa (Tabela 3).

Tabela 3. Área da propriedade

Áreas	hectares	%
mata nativa	25,0	54,59
frutíferas	1,5	3,28
horta	1,5	3,28
pastagem	7,0	15,28
culturas anuais	10,8	23,58
total	45,8	100

O levantamento de dados foi obtido durante o estágio realizado na propriedade através de um questionário. Os principais dados levantados na propriedade foram a quantidade de insumos utilizado adquiridos externamente e a venda da produção.

Outros dados como precipitação e radiação solar foram fornecidos pela Estação Meteorológica de São Miguel do Oeste/SC da Epagri.

6. Resultado e Discussão

6.1 Análise emergética da propriedade agroecológica Família Durigon

O diagrama dos fluxos emergéticos para o sistema de produção agroecológico da Família Durigon, estão apresentados na Figura 6, onde estão demonstradas as principais entradas e saídas do sistema e as suas interações.

Como entradas no sistema foram consideradas: sol, chuva e nitrogênio atmosférico, que são os recursos da natureza. Os materiais utilizados pelo sistema da propriedade foram: óleo de neem, sementes, aço dos implementos agrícolas, fosfato natural, esterco de peru, combustíveis fósseis e eletricidade. Os serviços utilizados neste diagrama foram: mão-de-obra

externa, telefone e impostos. A fonte de materiais e serviços engloba todos os recursos da economia que são utilizados no sistema.

Os fluxos da natureza, sol e chuva, estão interligado diretamente um com o outro. Para não quantificar este fluxo (sol e chuva) duas vezes, foi contabilizado apenas o recurso que contribui com maior valor, que neste caso foi a chuva.

A fonte de nitrogênio atmosférico foi considerado como recurso renovável, devido ao manejo utilizado, principalmente com plantas de cobertura e consorciação de leguminosas na pastagem e fazendo com que não seja necessário a aquisição de nitrogênio da economia.

A água utilizada na unidade de produção familiar provinda da nascente localizada na mata, sendo contabilizado indiretamente pela água da chuva que abastece o lençol freático.

Os serviços ambientais também estão no diagrama para mostrar que são resultados da biodiversidade (flora/fauna), como por exemplo, no controle de pragas e doenças, fixação de nutrientes, etc. Esse fluxo não foi contabilizado. Ele serve apenas para evidenciar a importância da biodiversidade em ecossistemas e sua relação com sistemas antrópicos.

A biomassa foi contabilizada como produto. Ela possui um valor de energia produzida, relacionando a idade e área dos setores com mata, mas não possui um valor econômico, pois não há trabalhos de valoração da biomassa. A perda de solo (erosão) foi considerada como recurso natural não-renovável.

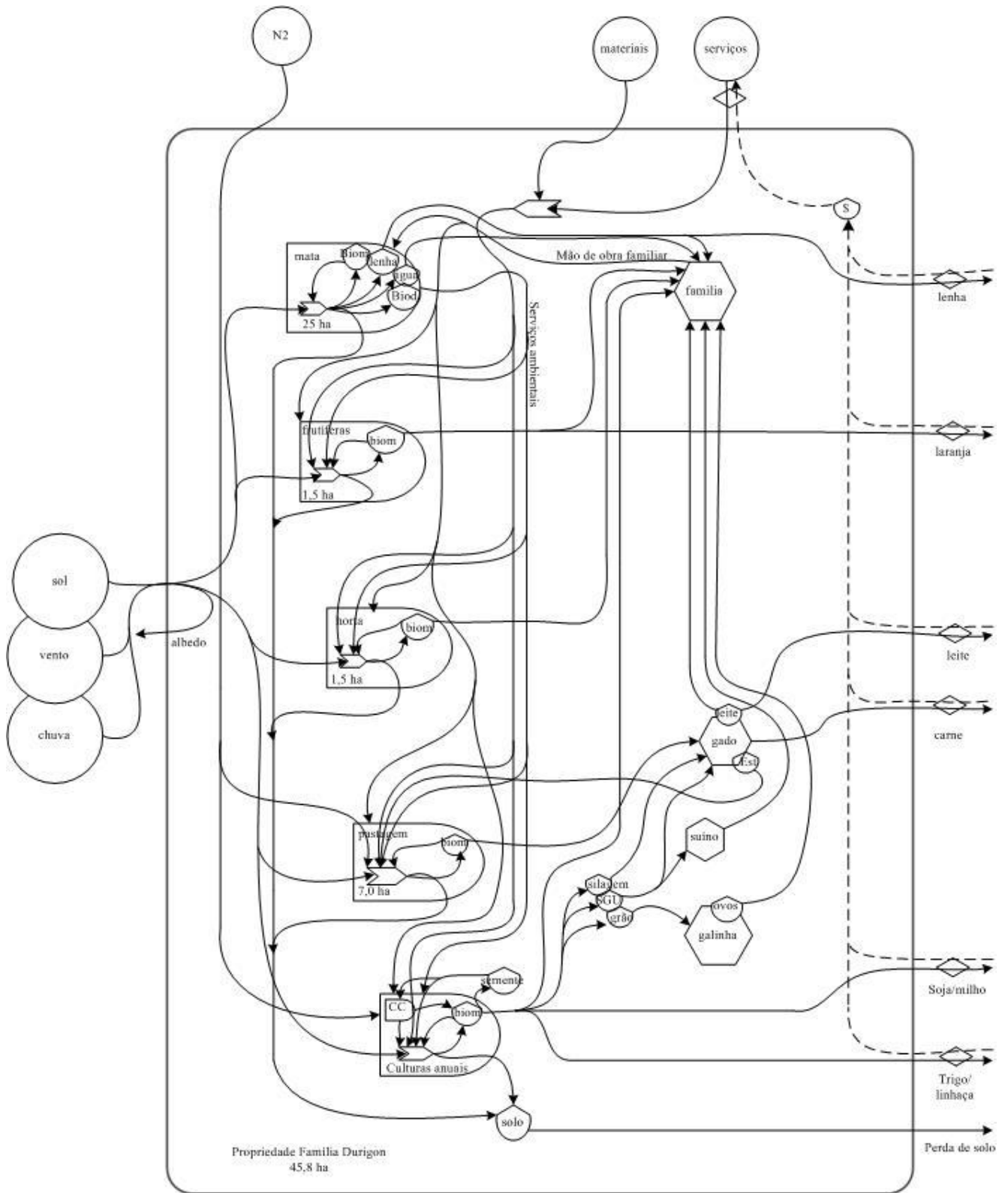


Figura 6. Diagrama energético da propriedade agroecológica da família Durigon.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores dos fluxos que foram calculados para realizar a análise emergética. Nesta, pode ser observado que o recurso chuva é de grande importância para o sistema, contribuindo com 38,8 % do total de energia, sendo esta totalmente renovável. Outro item importante é o esterco de peru, que é proveniente da economia correspondendo a 40,2% da energia total do sistema. Observa-se também que a energia total que o sistema utiliza é de $6,42E+15$ seJ/ha.ano. Na Tabela 4 pode ser visualizada que a energia total produzida na unidade de produção familiar agroecológica é de $1,34E+10$ J/ha.ano, considerando todos os produtos que o sistema está comercializando.

Tabela 4. Avaliação Emergética da Propriedade Agroecológica da família Durigon.

Nota	Contribuições	Fração renovável	Valor	Und./ ha ¹ ano	Transformidade seJ/und.	Fluxo emergético renovável	Fluxo emergético não renovável	Fluxo emergético total seJ/ ha ¹ ano	% do total de Y
Entradas Renováveis (R)									
1	Sol	1	4,91E+13	J	1,00E+00	4,91E+13	0,00	0,00	0,0
2	Chuva	1,00	8,08E+10	J	3,06E+04	2,47E+15	0,00	2,47E+15	62,9
3	Nitrogênio (N ₂)	1,00	2,10E+01	Kg	6,38E+12	1,34E+14	0,00	1,34E+14	3,4
Entradas Não renováveis (N)									
4	Perda de solo	0,00	4,52E+09	J	1,24E+05	0,00	5,61E+14	5,61E+14	14,3
Materiais (M)									
5	Óleo de neem	0,50	2,16E-01	Kg	2,48E+13	2,68E+12	2,68E+12	5,36E+12	0,1
6	Eletricidade	0,50	6,13E+08	J	3,36E+05	1,03E+14	1,03E+14	2,06E+14	5,2
7	Semente	0,50	1,26E+01	Kg	1,48E+12	9,29E+12	9,29E+12	1,86E+13	0,5
8	Comb. Fósseis	0,01	3,05E+08	J	5,50E+05	1,68E+12	1,66E+14	1,68E+14	4,3
9	Aço	0,01	6,88E+00	Kg	2,20E+12	1,51E+11	1,50E+13	1,51E+13	0,4
10	Fosfato natural	0,50	6,55E+00	Kg	3,50E+12	1,15E+13	1,15E+13	2,29E+13	0,6
11	Esterco de peru	0,60	8,65E+02	Kg	2,96E+12	1,54E+15	1,02E+15	2,56E+15	2,8
Serviços (S)									
12	Telefone	0,01	8,55E+00	US\$	3,70E+12	3,16E+11	3,13E+13	3,16E+13	0,8
13	Impostos	0,50	9,10E-01	US\$	3,30E+12	1,50E+12	1,50E+12	3,00E+12	0,1
14	Mão-de-obra	0,50	4,80E+01	US\$	3,70E+12	8,88E+13	8,88E+13	1,78E+14	4,5
Saídas (O)				J	1,34E+10				
Total de Energia (Y)				seJ	3,93E+015				
Total de saídas (O)				J	1,34E+10				

Como produtos comercializados pela propriedade têm-se o leite como principal fonte de renda, além do trigo, lenha, linhaça, soja, laranja e carne (Tabela 5).

Tabela 5. Produtos gerados na propriedade agroecológica da família Durigon.

Produto	Produção (kg/ano)	Valor calórico do produto (Kcal/Kg) [a]	Energia do produto (J/ha.ano) [b]
Trigo	6.000	3.600	1,97E+09
Linhaça	1.030	3.724	3,51E+08
Leite	48.000	850	3,73E+09
Carne	2.000	2.120	3,88E+08
Soja	500	4.428	2,02E+08
Laranja	5.500	460	2,31E+08
Lenha	31.350	2.400 [c]	6,88E+09
94380			1,34E+010

Fonte: dados informados pelo produtor

[a] O valor calórico dos produtos foi extraído da Tabela Nutricional Brasileira de Composição de Alimentos.

[b] Energia [J/ha.ano] = produção [kg/ano]*valor calórico [kcal/kg]*4186 [J/kcal] / área da propriedade [ha].

[c] o valor calórico foi extraído da tabela de poder calorífico inferior.

Na Tabela 6, verifica-se qual foi à produção e a receita referente ao ano agrícola 2008/2009 para cada produto além, de constar o valor das vendas recebido por cada um. Estes dados foram utilizados para cálculos do índice taxa de intercâmbio emergético (EER).

Tabela 6. Valores recebido pela venda dos produtos.

Produto	Produção (kg/ano)	Valor (R\$/Kg)	Valor recebido (R\$)
Trigo	6.000	2,10	12.600,00
Linhaça	1.030	5,38	5.540,00
Leite	48.000	0,60	28.800,00
Carne	2.000	2,35	4.700,00
Soja	500	3,00	1.500,00
Laranja	5.500	0,78	4.310,00
Lenha	31.350	0,07	2.090,00
Total (R\$)			59.500,00
Total (R\$)/ha.ano			1.299,00

Fonte: Dados informados pelo agricultor.

Na Tabela 7 verifica-se os fluxos emergéticos de forma simplificada, resumindo os itens da Tabela 4, mostrando a contribuição dos recursos da natureza ($I= R+N$), e os serviços da economia ($F= M + S$), divididos em materiais e serviços.

Tabela 7. Fluxos Emergéticos

R =	2,65E+15
N =	5,61E+14
I =	3,21E+15
M =	5,48E+14
M_R =	1,95E+14
M_N =	3,52E+14
S =	2,12E+14
S_R =	9,06E+13
S_N =	1,22E+14
F =	7,60E+14
Y =	3,97E+15

Os dados de transformidade obtidos das literaturas e a tabela da quantidade de aço utilizada por ano (Tabela 9 e 10 - anexo), assim como a realização dos Cálculos de energia elaborados para construção da Tabela Emergética (Tabela 11 e 12 - anexo).

Na Tabela 8, são apresentados os índices emergéticos da propriedade em estudo. A transformidade obtida foi de 289016 seJ/J. A transformidade é o valor inverso da eficiência ecossistêmica. Quanto menor a transformidade mais eficiente é o sistema produtivo. Quanto maior o número de transformações de energia que contribuem para a formação de um produto ou processo, maior será sua transformidade. Em cada transformação, a energia disponível é usada para produzir uma quantidade menor de energia de um outro tipo com o aumento da energia por unidade produzida.

O EYR é a razão entre os fluxos de energia (Y) e o fluxo de materiais e serviços da Economia. Segundo Ortega (2004) apud Agostinho (2005), valores da taxa de rendimento (EYR) para produtos agrícolas variam de 1 a 4. O menor valor corresponde à unidade, que acontece quando a contribuição da natureza é nula. Esse índice mede a contribuição do ambiente (geralmente gratuita) para a produção. O índice obtido para esta propriedade foi de 5,23 indicando que cada unidade de energia do sistema 4,23 provém do ambiente e 1,00 provém da economia.

Tabela 8. Índices emergéticos da produção na propriedade agroecológica da família Durigon.

Indicador	Cálculo	Durigon	Unidade
Transformidade	$Tr = Y/Qp$	289016	seJ/J
Taxa de rendimento	$EYR = Y/F$	5,23	adimensional
Taxa de investimento	$EIR = F/I$	0,34	adimensional
Taxa de carga ambiental	$ELR = (N+M_N+S_N)/(R+M_R+S_R)$	0,50	adimensional
Renovabilidade	$100(R+M_R+S_R/Y)$	74,00	%
Taxa de intercâmbio emergético	$EER=Y/(\$)*(sej/US\$)*$	1,72	adimensional

*emdólar para o Brasil no ano de 2009= 3,7E12 sej/US\$

A taxa de investimento ($EIR=F/I$) é um índice que mede a proporção entre os recursos da economia com custo monetário (F) e a energia da natureza gratuita (I). É uma medida da viabilidade econômica. Para a propriedade em estudo este índice foi de 0,34 indicando que o sistema utiliza uma pequena quantidade de recursos da economia. Quando a contribuição da fonte ambiental é alta esta proporção é pequena e os custos são baixos. Para ser competitivo o processo deve ter um valor de EIR similar ao das outras atividades da região.

Para o índice carga ambiental ELR, este indica a pressão que um processo coloca nos ecossistemas locais devido à importação da energia e dos materiais que não são nativos, mostrou-se com valor de 0,50. Valores menores que 2 indicam uma menor pressão no meio ambiente local em que ocorrem. Valores de 3 a 10 indicam que o sistema local sofre impactos moderados (BROWN & ULGIATI, 2004 apud FRANCESCATTO, 2007).

A renovabilidade (% R) é a razão entre a energia dos recursos renováveis (R) dividido pela energia total usada no sistema (Y), sendo um indicador de sustentabilidade. De acordo com a Tabela 8, a renovabilidade do sistema produtivo da família Durigon foi de 74,00 %, indicando que o sistema é pouco dependente de energia não renovável.

A taxa de intercâmbio energético (EER) avalia-se na venda dos produtos, o sistema está recebendo toda a energia empregada na produção. O valor de 1,72 indica que o sistema de produção gasta 1,72 vezes mais energia para produzir seu produto final do que o valor obtido pelo dinheiro. Isto indica que mesmo agregando valor aos seus produtos, a propriedade não consegue receber toda a energia gasta durante todo o processo de produção.

Como metade da propriedade é constituída por mata nativa e a análise realizado é para a propriedade” como um todo”, uma possível solução para a propriedade ter um comércio justo é o recebimento por serviços ambientais, pois a área de mata nativa não tem retorno econômico de destaque.

Na maioria das propriedades avaliadas, os produtores não recebem por todo o trabalho incorporado, pois a composição do preço de mercado não contabiliza as contribuições da natureza na produção do bem, nem a qualidade dos insumos energético utilizados. Odum, (1996) propõem o uso dos índices energéticos para fornecer à sociedade valores quantitativos sobre as características da renovabilidade da produção(sustentabilidade), o impacto ambiental, a contribuição do produto aos sistemas que o compram. O uso desses índices podem servir para o consumidor pagar pelo conteúdo energético do produto, que é a chave para o desenvolvimento sustentável.

7. Conclusões

O estágio foi de grande aprendizagem para a vida profissional, pois foi possível ter acesso a questões práticas relacionada à agricultura agroecológica e à organização realizada pelos agricultores. Além disso, foi possível transformar toda a dinâmica da propriedade com a utilização do diagrama e contabilizar os fluxos de energia através da análise emergética.

Com relação à metodologia emergética, esta é importante para avaliar sistemas produtivos no que se refere a questão ambiental e energética, podendo auxiliar na tomada de decisão para agricultores, além de analisar a propriedade como “um todo” e não apenas parte de um sistema.

Esta metodologia é uma ferramenta de grande utilidade para técnicos que atuam no setor agrícola, pois possui uma visão sistêmica, na busca de entender o funcionamento e a dinâmica dos sistemas rurais, realizando diagramas emergéticos para uma maior clareza do sistema analisado e a visualização das variáveis que controlam o sistema. Além disso, contabiliza todos os fluxos de entrada do sistema, como dinheiro, biomassa, energia e transforma estes itens em uma base comum chamada de energia solar (seJ). Com o uso dos indicadores da análise emergética, é possível avaliar o comportamento da propriedade e saber se é sustentável e se está realizando um comércio justo.

Com relação à análise emergética realizada na propriedade, ficou claro que 74 % dos recursos que a propriedade utiliza é renovável, portanto esta é altamente sustentável. A contribuição da fonte ambiental é alta mostrado pelo índice Razão de Investimento Emergético, significando que a propriedade é competitiva e que os custos são baixos.

Além disso, com o uso da análise emergética pode-se dizer que mesmo a propriedade agregando valor a alguns produtos, esta não recebe o preço justo pelo trabalho incorporado ao produto, pois a energia cedida na forma de produto é maior que a recebida na forma de dinheiro.

Neste estudo ficou evidenciado a grande potencialidade da metodologia emergética como ferramenta para diagnóstico ambiental de propriedades agrícolas, fazendo com que o produtor possa tomar decisões e servindo como um indicativo para a população escolher sistemas de produção que mais se encaixam dentro da perspectiva da sustentabilidade.

8. Referências bibliográficas

- AGOSTINHO, F. D. R.; **Uso de análise emergética e sistema de informação geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas.** 2005. 252 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.
- ALBUQUERQUE, T. C. **Avaliação emergética de propriedades agrossilvipastoris do Brasil e da Colômbia.** 2006. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** Guaíba: Agropecuária, 592p. 2002.
- _____. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável.** UFRGS, 5º Ed., 2008.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecologia: teoría y práctica para una agricultura sustentable.** Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F. 2000. 240 p.
- ALTIERI, M.; MASERA, O. Desenvolvimento rural sustentável na América Latina: construindo de baixo para cima. In: ALMEIDA, J., NAVARRO, Z. (Coord.). **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva do desenvolvimento rural sustentável.** Porto Alegre: UFRGS, 1997. p. 72-105.
- BARRELLA, F. A.; ALMEIDA, C. M. V. B. de; GIANNETTI, B. V. Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e o meio ambiente. **Revista Produção**, v. 15, n. 1, p. 87-101, 2005.
- BASTIANONI, S.; CAMPBELL, D.; SUSANI, L.; TIEZZI, E. The solar transformity of oil and petroleum natural gas. **Ecological Modelling**. N.186. p. 212-220, 2006.
- CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Rev. Ciência Rural**. Santa Maria, vol. 34, no. 6 p. 1977-1985, 2004.
- CAPORAL, F. R. **Superando a revolução verde: A transição agroecológica no estado do Rio Grande do Sul.** 2003. Disponível em: <http://www.agroecologia.uema.br/publicacoes/Superando.pdf>. Acesso em: 22 ago 2009.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da agroecologia. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.3, nº3, p. 70-85, 2002.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Agroecologia: aproximando conceitos com a noção de sustentabilidade. In: RUSCHEISKY, A. (org.) **Sustentabilidade uma paixão em movimento.** Porto Alegre: Sulina, 2004, p. 46-61.
- CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Leguminosas herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**. v. 57, p.103-113. 2008.
- FRANCESCATTO, G. 2007. **Diagnóstico ambiental de sistema de produção de maçãs orgânico e convencional através da metodologia emergética.** 2007. 92 f. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental. Universidade do Contestado (UnC), Caçador/SC.
- GARCIA, M. A. Ecologia aplicada a agroecossistemas como base para a sustentabilidade.

Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.213, p.30-38. nov./dez. 2001.

GEORGE, S. O mercado da fome – as verdadeiras razões da fome no mundo In: **A Revolução Verde**. Rio de Janeiro, vol.27, Editora Paz e Terra, 1978, p.105 – 126.

KAMIYA, D. S. **Análise emergética on-line para diagnóstico de sistemas agrícolas**. 2005, 164 f. Dissertação (Mestrado Em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.

MACHADO FILHO, L. C. P.; SILVEIRA, M. C. A.; HÖTZEL, M. J. Produção agroecológica de suínos – uma alternativa sustentável para a pequena propriedade no Brasil. **Rev. Brasileira de Agroecologia**, v., p.18-28, 2001.

McNEELY, J.; SCHEER, S. **Ecoagricultura – alimentação do mundo e biodiversidade**. Editora Senac, São Paulo, 464 p. 2009.

MELLO, D.; PEREIRA, G. O.; SOUZA, E.G.; GABRIEL FILHO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; PINHEIRO NETO, R. Balanço energético do sistema de produção de soja e milho em uma propriedade agrícola no Oeste do Paraná. **Revista Acta Scientia Agronomica**. Maringá, v. 29, n. 2, p. 173-178, 2007.

ODUM, H.T. 1971. **Environment, power, and society**. New York: John Wiley, 1971.

_____. 1996. **Environmental accounting**. Emergy and environmental decision making. View York: John Wiley.

_____. **An Energy Hierarchy Law for Biogeochemical Cycles**. In: **Emergy Synthesis**, ed. By M.T. Bown, Gainesville: Center for Environmental Policy. Univ. of Florida. Pág.235-247. 2001.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 612p. 2008.

ORTEGA, E. **Tabela de Transformidades**. 1998. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/curso/transformid.htm>>. Acesso em: 20 set. 2009

ORTEGA, E.; CAVALETT, O.; BONIFACIO, R.; WATANABE, M. Brazilian soybean production: Emergy Analysis With and Expanded Scope. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 25, n. 4, p. 1-11. 2005.

RICARTE, J. D.; RIBEIRO, M. T.; FAGUNDES, G. G.; FERRAZ, J. M. G.; HABIB, M. Avaliação de agroecossistemas em propriedades de produção orgânica no município de Jaguariúna, SP, através de indicadores de sustentabilidade. **Revista Interagir Pensando a Extensão**, Rio de Janeiro, n. 9, p. 173-184, jan-jul/2006.

ROCHA, J. M. da; SIMAN, R. F. Agroecologia: um contraponto à produtividade insustentável da agricultura convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v 2, n 1, p 29-32, fev. 2007.

ROMERO, M. G. C.; BUENO, O. de C.; ESPERANCINI, S. T. Análise energética e econômica da cultura do algodoeiro em sistemas agrícolas familiares, **Revista Energia Agrícola**, Botucatu, v21 n 4 , p.81-97, dez, 2006.

SEILERT, V. F. **O valor econômico das coisas da natureza e o valor jurídico do meio ambiente**, 2009. Disponível em:<<http://www.cenedcursos.com.br/valor-economico-natureza-valor-juridico-meio-ambiente.html>> Acesso em: 16/10/2009.

SOARES, B. E. C.; NAVARRO, M. A.; FERREIRA, A.P. Desenvolvimento sustentado e consciência ambiental: natureza, sociedade e racionalidade, **Ciência e Cognição**, v. 2, 2004.

SOUZA, M. **Análise emergética do assentamento Fazenda Ipanema: reforma Agrária e desenvolvimento sustentável.** 2006.135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas.

Tabela Nutricional Brasileira de Composição de Alimentos. Disponível em: <http://www.fcf.usp.br/tabela>. Acessado em: 28/09/2009.

Tabela de Poder Calorífico Inferior. Disponível em: <http://www.weco.ind.br/ManutencaoSite/Imagens/InformacoesTecnicas/Portugues/PoderCalorifico.pdf>. Acessado em: 28/09/2009.

ANEXOS

Tabela 9. Dados de entrada do sistema de produção agroecológica da propriedade da família Durigon.

Nota	Itens	Und.	Quantidade	Und./ha/ano
1	Sol	kWh/m ²	4,67	46.700
2	Chuva	l/m ²	1.615,00	16.150
3	Nitrogênio (N ₂)	Kg	960,00	21,00
4	Perda de solo	Kg	5.000,00	5.000,00
5	Óleo de Neem	Kg	9,90	0,22
6	Eletricidade	kWh	7.800,00	170,3
7	Semente milho	Kg	575,00	12,55
8	Comb. Fóssil	Kg	333,75	7,29
9	Aço	Kg	315,00	6,88
10	Fosfato natural	Kg	300,00	6,55
11	Esterco peru	Kg	1.730,00	37,77
12	Telefone	R\$	391,68	8,55
13	Impostos	R\$	9,60	0,21
14	Mão de obra contratada	R\$	96,00	2,10

Fonte: Dados informados pelo agricultor.

Tabela 10. Peso (Kg) dos implementos agrícolas da propriedade

Item	Kg	Anos	Kg/ano
Trator	2800	20	140
Colheitadeira MF 3640	9000	25	72
Pulverizador 500 l	270	10	27
Escarificador	480	15	31
Grade	450	10	45
Total			315

Fonte: Dados informados pelo produtor

Tabela 11. Cálculos de energia da entrada do sistema agroecológico da família Durigon.

Nota	Descrição		Fonte
1	Sol, J		[a]
	Radiação solar =	4,67 kWh/m ² /ano	
	Albedo =	20,00 (%)	
	Energia (J) =	kWh/m ² .ano*(albedo)*(10000m ² /ha.)*(3600000J/kWh)	
	Energia (J) =	4,91E+13 J/ha.ano	
2	Chuva, J		[a]
	Pluviosidade =	1,62 m ³ /m ² .ano	
	Energia da chuva =	5000 J/Kg	
	Densidade da água =	1000 Kg/m ³	
	energia=	(m ³ /m ² .ano)*(J/kg)*(kg/m ³)*(10000m ² /ha.)	
	Energia(J) =	8,08E+10 J/ha/ano	
3	Nitrogênio (N₂)		[b]
	Fixação anual de N ₂ =	21 Kg N/ha.ano	
4	Perda de Solo, J		[c]
	Solo perdido =	5000 Kg/ha.ano	
	Média da matéria orgânica =	0,04 kg m.o./kg solo	
	Conversão =	5400 Kcal/Kg	
	Conversão =	4186 J/Kcal	
	Energia (J) =	(kg solo/ha.ano)*(kg m.o./kg solo)*(kcal/kg m.o.)*(4186J/kcal)	
	Energia (J) =	4,52E+09 J/ha.ano	
6	Eletricidade, J		[d]
	Consumo de Energia =	7800 kWh/ano	
	energia=	(KWh/ano)*(1/área)*(1000W/KW)*(3600s/h)	
	Energia (J) =	6,13E+08 J/ha/ano	
5	Óleo de Neem		[d]
	Quantidade=	1,10E+01 l/ano	
	Densidade=	9,00E-01 Kg/l	
	Conversão=	(l/ha.ano)*(kg/l)	
	Consumo =	9,90E+00 Kg/ano	
7	Sementes		[d]
	Quantidade =	575 kg/ano	
	Consumo =	5,75E+02 Kg/ano	
8	Combustível fóssil		[d]
	Consumo =	4,45E+02 l/ano	
	Densidade =	0,75 kg/l	
	Energia do combustível =	10000 kcal/ l	
	Energia =	(l/ano)*(1/área)*(kg/l)*(kcal/kg)*(4186J/kcal)	
	Energia =	3,05E+08 j/ha.ano	
9	Aço		[d]
	Quantidade =	315 kg/ano	
	Quantidade=	6,88E+00 kg/ha.ano	

10	Fosfato natural		[d]
	Quantidade =	300,00 kg/ano	
	Quantidade =	6,55 kg/ha.ano	
11	Esterco peru		[d]
	Quantidade =	1730 kg/ano	
	Quantidade =	8,65E+02 kg/ha.ano	
12	Telefone		[d]
	Telefone =	391,68 US\$/ano	
	Telefone =	8,55E+00 US\$/ha.ano	
13	Impostos		[d]
	Impostos =	41,6666667 US\$/ano	
	Impostos=	9,10E-01 US\$/ha.ano	
14	Mão-de-obra contratada		[d]
	Quantidade =	5 dias/ano	
	Quantidade =	200 R\$/ano	
	Quantidade =	96 US\$/ano	
	Quantidade=	48 US\$/ha.ano	

[a] Epagri/Ciram – Estação Meteorológica de São Miguel do Oeste/ SC.
[b] Carvalho & Pires (2008).
[c] Valor estimado
[d] Valor informado pelo agricultor

Tabela 12. Referência para seJ/ und.

Nota	Contribuições	Fração renovável	Und./ ha ⁻¹ ano	Transformidade seJ/und.	Referências
1	Sol	1,00	J	1,00E+00	Odum, 1996.
2	Chuva	1,00	J	3,06E+04	Brown & Ulgiati, 2004 <i>apud</i> Souza, 2006.
3	Nitrogênio (N ₂)	1,00	Kg	6,38E+12	Ortega et al., 2005.
4	Perda de solo	0,00	J	1,24E+05	Brown & Ulgiati, 2004 <i>apud</i> Souza, 2006.
5	Óleo de Neem	0,50	Kg	2,48E+13	Ortega, 1998.
6	Eletricidade	0,50	J	3,36E+05	Brown & Ulgiati, 2004 <i>apud</i> Souza, 2006.
7	Semente	0,50	Kg	1,48E+12	Odum, 1996.
8	Comb. Fósseis	0,01	J	5,50E+05	Bastianoni et. al, 2006.
9	Aço	0,01	Kg	2,20E+12	Ortega, 1998.
10	Fosfato natural	0,50	Kg	3,50E+12	Ortega, 1998.
11	Esterco de peru	0,60	Kg	2,96+E12	Castellini et al, in press <i>apud</i> Francescato, 2007.
12	Telefone	0,01	US\$	3,70E+12	Agostinho, 2005.
13	Impostos	0,50	US\$	3,30E+12	Agostinho, 2005.
14	Mão-de-obra	0,50	US\$	3,70E+12	Ortega, 1998.