



Revista Ceres

ISSN: 0034-737X

ceresonline@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa  
Brasil

Eurich, Joelcio; Weirich Neto, Pedro Henrique; Rocha, Carlos Hugo  
Índices emergéticos de sustentabilidade da produção leiteira em uma propriedade de base familiar em  
Palmeira, Paraná, Brasil  
Revista Ceres, vol. 60, núm. 3, mayo-junio, 2013, pp. 332-338  
Universidade Federal de Viçosa  
Vicosa, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=305228470005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Índices emergéticos de sustentabilidade da produção leiteira em uma propriedade de base familiar em Palmeira, Paraná, Brasil<sup>1</sup>

Joelcio Eurich<sup>2</sup>, Pedro Henrique Weirich Neto<sup>3</sup>, Carlos Hugo Rocha<sup>4</sup>

## RESUMO

Na busca da sustentabilidade, metodologias para obtenção de parâmetros ou índices representativos seriam ferramentas básicas e essenciais para acompanhamento das gestões dos processos. Este trabalho teve por objetivo o cálculo de índices emergéticos para avaliação da sustentabilidade da produção leiteira. Para isso, o estudo foi realizado em uma propriedade rural, de base familiar, localizada no município de Palmeira, Paraná. A partir dos dados reais da propriedade, calculou-se a razão de rendimento emergético líquido (EYR), a razão de investimento de energia (EIR), a carga ambiental (ELR), a razão de intercâmbio de energia (EER), a renovabilidade (%R), a rentabilidade econômica simples (RES) e o índice de sustentabilidade (SI). Fundamentado nos métodos de análise emergética, foram encontrados os seguintes valores: EYR = 1,33; EIR = 3,05; ELR = 3,15; EER = 1,71; %R = 24; SI = 0,42; RES = 0,12. Estes índices demonstram que apesar de economicamente viável, RES = 0,12, em termos energéticos a propriedade apresenta-se com um baixo índice de sustentabilidade (SI).

**Palavras-chave:** desenvolvimento sustentável, energia, agricultura familiar.

## ABSTRACT

### Emergy sustainability indices of a family-based dairy farm in Palmeira, Paraná, Brazil

In the search for sustainability, parameters or indices are basic tools for monitoring the management of the processes. Therefore this study aimed to calculate emergy indices for assessing the sustainability of dairy production in a family-based farm. For this study we evaluated a rural property located in the city of Palmeira, Paraná, Brazil. Based on the data collected in the dairy farm, we calculated the net emergy yield ratio (EYR), emergy investment ratio (EIR), environmental load (ELR), emergy exchange ratio (EER), renewability (% R), simple economic profitability (RES) and the sustainability index (SI). Based on the methods of emergy analysis, we found the following values: EYR = 1.33; EIR = 3.05; ELR = 3.15; EER = 1.71; % R = 24, SI = 0.42, Re = 0.12. These indices show that although economically viable, RES = 0.12, in energy terms the property has a low sustainability index (SI) which implies the unsustainability of the production system.

**Key words:** sustainable development, emergy, family agriculture.

Recebido para publicação em 17/07/2012 e aprovado em 08/04/2013.

<sup>1</sup>Trabalho extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor.

<sup>2</sup>Engenheiro-Agrônomo, Mestre. Doutorando em Agronomia. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Avenida General Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. joe.eurich@gmail.com (autor para correspondência)

<sup>3</sup>Engenheiro Agrícola, Doutor. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Avenida General Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. lamarl@uepg.br

<sup>4</sup>Engenheiro-Agrônomo, Doutor. Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Avenida General Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. chrocha@uepg.br

## INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios apresentados à sociedade, neste início de século XXI, é o de alimentar mais de sete bilhões de pessoas, sem comprometer o ambiente, conservando os recursos naturais, visando à sobrevivência e à qualidade de vida das gerações futuras. Esta é a essência do que se convencionou chamar de desenvolvimento sustentável.

O termo Sustentabilidade foi oficialmente introduzido no encontro internacional *The World Conservation Strategy*, em 1980 (Siche *et al.*, 2007). A partir desta data, esse “conceito” passou a ser empregado com maior frequência, incorporando dimensões econômicas, sociais, ambientais e culturais, buscando direcionar o desenvolvimento.

Sachs (1990) relatou que sustentabilidade é um conceito dinâmico que deve considerar as necessidades crescentes das populações, num contexto internacional e em constante expansão. Segundo este autor, a sustentabilidade teria como base cinco dimensões principais, que são a sustentabilidade social, a econômica, a ecológica, a geográfica e a cultural.

Durante a Conferência Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente – Eco 92, surgiu a necessidade do estudo de indicadores de desenvolvimento sustentável. Os indicadores comumente utilizados, como o produto interno bruto (PIB) ou as medições das correntes de contaminação ou de recursos, não consideram, por exemplo, a interação entre o setor ambiental e o desenvolvimento (Veiga, 2010).

Os chamados Indicadores de Desempenho Emergético ou EMPIS (*Emergy Performance Index*), consideram o sistema econômico um sistema termodinâmico aberto e contabilizam os fluxos dos recursos da economia em unidade de energia agregada. A Teoria Geral de Sistemas, estabelecida por Von Bertalanffy em 1968, permitiu a Odum (1996) desenvolver e aplicar a análise emergética nas questões relativas à sustentabilidade dos ecossistemas. A emergia é definida como toda a energia disponível usada em um processo, visando à obtenção de um produto qualquer, expresso em unidade de um tipo de energia, sendo a sua unidade geral definida como *emJoule de energia solar equivalente* (sej) (Odum, 1996). Segundo Barrella *et al.* (2005), 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.

De posse dos dados emergéticos torna-se possível o cálculo da transformidade, que é definida como o quociente da emergia de um produto por sua energia, e é expresso em  $\text{sej J}^{-1}$  (Joules de emergia solar). É a emergia solar requerida para fazer um Joule de um serviço ou pro-

duto. Em cada passo do processo, a energia disponível é transformada em quantidade menor de energia de um outro tipo, com o aumento da emergia por unidade produzida (Odum, 1996). Quando delimitados os fluxos emergéticos específicos, podem-se obter outros índices que facilitam o estudo e podem servir de indicadores (Brown & Ulgiati, 2004).

Para Sinisgalli (2006), a análise emergética, que alguns autores consideram uma vertente da Economia-Ecológica, incorpora a qualidade da energia ao longo do processo hierárquico de transformação para a obtenção de um produto, sendo um indicador de valor mais apropriado para o estudo das relações ecossistêmicas e econômicas.

Em estudos de desempenho emergético e econômico do cultivo de banana, em Guadalupe, nas Antilhas Francesas, Barros *et al.* (2009) demonstraram que o desenvolvimento sustentável da produção de banana, nesse local, depende de uma mudança do modelo de alta entrada de energia fóssil para um modelo de uso de recurso natural. Neste sentido, a análise de fluxo de emergia mostra que a inovação para práticas ambientalmente saudáveis que aumentem a ciclagem de nutrientes, integrem controle alternativo de ervas daninhas, pragas, doenças e, ainda, melhorem o processo de embalagem de bananas, poderia resultar em maior impacto positivo na sustentabilidade global. A análise econômica mostrou que os altos custos trabalhistas contribuem largamente para a dependência, na produção de bananas, de subsídios agrícolas.

A metodologia emergética também foi utilizada, por Rydberg & Haden (2006), para a avaliação da evolução agrícola dinamarquesa, entre os anos de 1936, 1970 e 1999. Demonstrou-se que, enquanto a agricultura continuar a ser uma forma de captação de recursos locais por parte das economias industrializadas, continuará o desenvolvimento insustentável do sistema agrícola estudado.

Em levantamento sobre a sustentabilidade do sistema tradicional de criação de bovino de corte, nos pampas da Argentina, Rótolo *et al.* (2007) demonstraram que esse sistema depende de 61% da emergia advinda da chuva e a soma total de utilização de recursos da natureza é de 85%, sendo que a demanda de recursos advindos da economia significou apenas 4% do total de emergia. Os mesmos autores apontam a emergia como sendo um método eficiente de reconhecer e recompensar os agricultores e pecuaristas que usem métodos sustentáveis de produção.

Dentre os produtores rurais, os agricultores familiares, de acordo com Almeida (1998), possuem uma forma social de produção estreitamente relacionada com os princípios da sustentabilidade; contudo, mesmo sistemas produtivos dessa natureza produzem impactos ambientais; observa-se então a necessidade de analisar a sustentabilidade desses sistemas por meio de metodologias como a análise emergética.

Os produtores familiares são definidos, por Buainain *et al.* (2003), como aqueles cuja gestão da unidade produtiva é feita por indivíduos que mantêm entre si laços de sangue ou de casamento; a maior parte do trabalho é igualmente fornecida pelos membros da família e a propriedade dos meios de produção (embora nem sempre a da terra) pertence à família e é em seu interior que se realiza a sua transição.

A produção leiteira, no Brasil, sempre esteve associada ao desenvolvimento da Agricultura Familiar. Atualmente, cerca de 84% das propriedades rurais são de base familiar, somando mais de 4 milhões de famílias, em que a pecuária leiteira está presente, gerando cerca de 58% do leite brasileiro (IBGE, 2006; DIEESE, 2011).

A importância da pecuária leiteira está ancorada em um conjunto de fatores, mas entre os produtores familiares a principal razão de adotarem essa atividade está no fato de garantir uma renda mensal, pois a comercialização é garantida, ou seja, representa a garantia de entradas monetárias mínimas, a cada mês, de modo que se possam assumir compromissos de despesas no período com relativa segurança (Tarsitano *et al.*, 2005; Eurich *et al.*, 2010).

Diante da comprovada importância da pecuária leiteira para a agricultura familiar, bem como da crescente preocupação com métodos eficientes de mensuração da sustentabilidade de processos de produção, o objetivo deste trabalho foi avaliar a sustentabilidade em uma propriedade de regime familiar, produtora de leite, utilizando-se para essa análise a metodologia emergética.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma propriedade caracterizada como de base familiar, conforme critérios do Decreto nº. 3.991 (Brasil, 2001), na região centro-sul do Estado do Paraná, situada no município de Palmeira. A propriedade, denominada Chácara Alcerich está inserida em uma colônia de agricultores familiares, que, de acordo com Eurich *et al.* (2010), é formada, na sua maioria, por produtores familiares que têm a pecuária leiteira como principal atividade, e apresenta-se como representativa, regionalmente. Possui 30 ha, tendo sua fonte de renda baseada na pecuária leiteira e apresenta, como força de trabalho, um casal que divide os trabalhos da atividade.

O rebanho leiteiro da propriedade, ao todo, é de 30 animais, todos da raça holandesa, tendo em média 20 animais em produção, sendo o restante animais jovens ou vacas fora do período de lactação.

Os dados referentes aos custos de produção foram coletados e tabulados, durante o ano de 2009, estabelecidos em custos mensal e anual, sendo este período suficiente para o desenvolvimento da metodologia aplicada

(Comar & Ortega, 2003). Os dados de precipitação média anual foram compilados do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET (INMET, 2009) (período de 1931 a 1990).

De posse dos dados, procedeu-se à elaboração do diagrama sistêmico, que se deu por meio da identificação dos componentes principais de entrada e saída dos sistemas estudados, seguido pela montagem simbólica dos fluxos emergéticos (Odum, 1996), de acordo com o apresentado na Figura 1.

A partir do diagrama sistêmico buscaram-se os valores de transformidade dos bens e serviços utilizados na propriedade, para desenvolvimento dos cálculos emergéticos, sendo possível obter-se os índices que compõem a metodologia, conforme equações descritas a seguir:

Transformidade (Tr): que é definida como o quociente da emergia de um produto por sua energia e é expresso em emjoules por Joule (sej/J, Joules de emergia solar por Joule) (Comar & Ortega, 2003).

$$Tr = I + F/E \quad \text{Equação 01}$$

Renovabilidade (%R): que é o percentual de energia renovável, é a parcela de emergia total processada de um determinado sistema que provém de fontes de recursos renováveis (Barrella *et al.*, 2005).

$$\%R = (R \times 100) / R + N + F \quad \text{Equação 02}$$

Razão de Rendimento Emergético Líquido (EYR): em que esse índice reflete a habilidade do processo de utilizar recursos locais (Brown & Ulgiati 2004), mas não diferencia recursos renováveis de não renováveis.

$$EYR = (Y/F) \quad \text{sendo, } Y = R + N + F \quad \text{Equação 03}$$

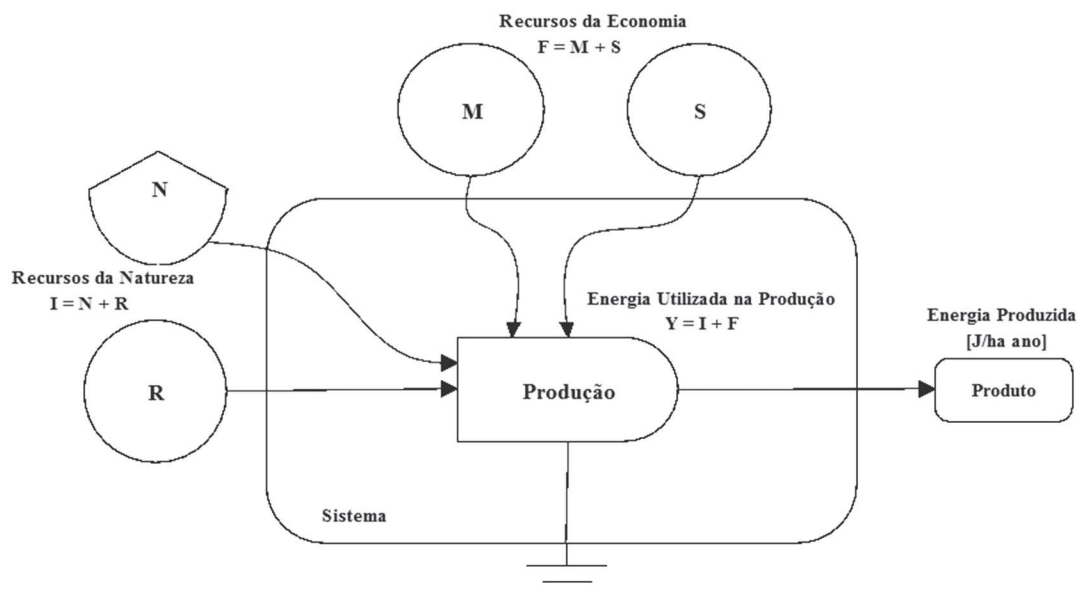
Razão de Investimento de Emergia (EIR): em que o investimento emergético é a relação entre a emergia fornecida pelo sistema econômico e a fornecida diretamente pelo meio ambiente ao sistema estudado, quer seja renovável, quer seja não renovável (Barrella *et al.*, 2005).

$$EIR = F / (N + R) \quad \text{Equação 04}$$

Carga Ambiental (ELR): que é a relação entre a soma da emergia de entrada proveniente do sistema econômico e do recurso local não renovável e a emergia do recurso local renovável, em que um valor alto de ELR pode indicar um estresse de utilização dos recursos renováveis locais (Barrella *et al.*, 2005).

$$ELR = (N + F) / R \quad \text{Equação 05}$$

Razão de Intercâmbio de Emergia (EER): que é a emergia final do produto, dividida pelo valor em emergia do pagamento recebido pela venda desse produto (Sarcinelli & Ortega, 2006).



**Figura 1.** Diagrama ecossistêmico de fluxos emergéticos. Adaptado de Odum (1996).

$$EER = Y/(\$ \text{ recebido} \times (\text{seJ}/\$))$$

Equação 06

Índice de Sustentabilidade (SI): obtido da relação entre o rendimento emergético e o índice de carga ambiental. O conceito de sustentabilidade está atrelado à maximização de EYR (rendimento) e a minimização de ELR (impacto), ou seja, o máximo do aproveitamento do investimento com um mínimo de estresse dos recursos locais (Barrella *et al.*, 2005).

$$SI = EYR/ELR$$

Equação 07

Os valores de transformidade para os cálculos emergéticos foram obtidos de fontes de outros pesquisadores (Tabela 1); no caso da transformidade em dólar, utilizou-se a proposta de Agostinho *et al.* (2008), que se trata da relação entre a energia e o fluxo monetário, em um determinado período de tempo, ou seja, possibilita a conversão de um determinado fluxo emergético em valores monetários, sendo esta, de acordo com Agostinho *et al.* (2008), variável em função do país e do período em questão.

Para a variável dólar, utilizaram-se valores médios de câmbio para o mesmo período em que se obteve os dados de custos da propriedade (BCB, 2009).

De posse dos índices citados, comparou-se o processo de produção do leite na referida propriedade, com valores referidos como adequados, e determinaram-se os potenciais e gargalos de sustentabilidade do processo produtivo estudado.

Procedeu-se, ainda, ao cálculo da rentabilidade econômica simples (RES) para as duas unidades estudadas (Agostinho, 2005).

$$RES = (\text{vendas} - \text{custos}) / \text{vendas}$$

Equação 08

Para o cálculo da RES, levaram-se em consideração apenas as vendas mensais, subtraídas dos custos mensais, relativos ao total de vendas da propriedade; assim, de acordo com Agostinho (2005), utilizaram-se apenas os mesmos componentes utilizados no cálculo emergético, não se considerando o resultado como lucro líquido, e, sim, como valor de referência para fins comparativos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados levantados, estabeleceu-se o diagrama de fluxo emergético, conforme o demonstrado na Figura 2, o qual foi seguido como ponto de partida para a segmentação das entradas energéticas entre recursos naturais renováveis (R), recursos naturais não renováveis (N), fluxos provenientes da economia (F), subdivididos em materiais (M) e serviços (S) (Figura 1).

Para o cálculo de fluxo emergético, foram utilizados alguns índices de transformidade já determinados por outros autores, conforme o disposto na Tabela 1.

De posse do diagrama ecossistêmico qualitativo, quantificou-se, conforme metodologia emergética, cada item, determinando-se o valor de transformidade do processo em estudo, conforme o disposto na Tabela 2.

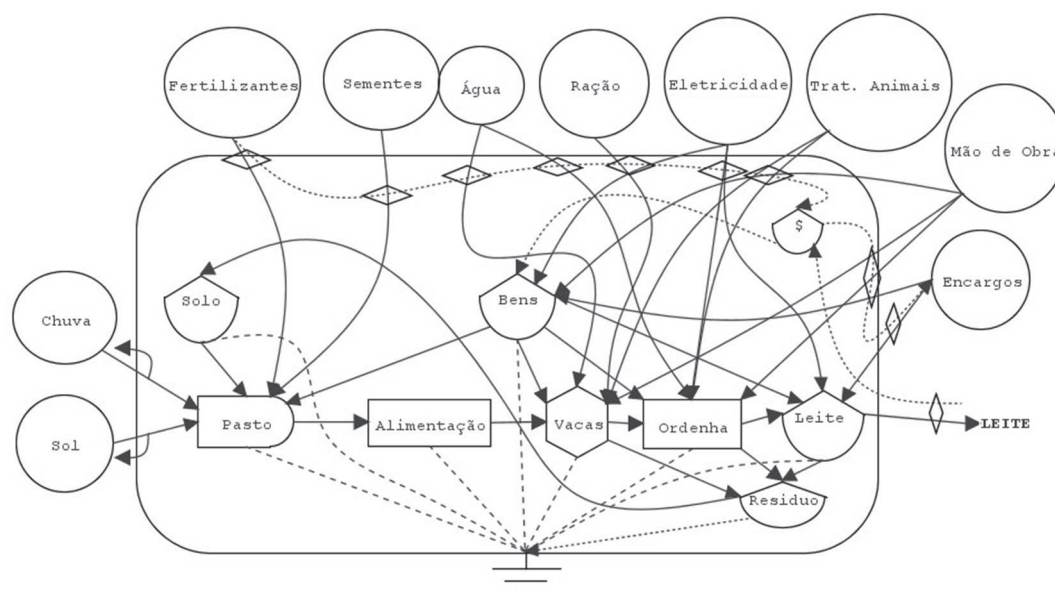
**Tabela 1.** Valores de transformidade utilizados nas determinações emergéticas, segundo Agostinho *et al.* (2008)

Item	Transformidade
Chuva	1,82E+04
Perda de solo	7,38E+04
Água para uso	4,10E+04
Mão de obra	4,00E+05
Em dólar (ano base 2009)	2,48E+12



Observa-se que o valor de transformidade do leite da propriedade foi de  $Tr = 0,41E+06$  sej/J. De acordo com Comar & Ortega (2003), quanto maior for o valor de transformidade de um determinado produto, maior é sua relevância para o ecossistema e para a sociedade em

geral. O valor encontrado na Chácara Alcerich apresenta-se menor do que o de outras propriedades leiteiras, estudadas por Comar & Ortega (2003), quando, entre 11 propriedades, observaram-se valores variando de  $0,85E+06$  a  $6,48E+06$  sej/J, o que demonstra que o leite



**Figura 2.** Diagrama ecossistêmico da produção de leite na chácara Alcerich, em Palmeira, Estado do Paraná.

**Tabela 2.** Avaliação emergética da produção de leite na chácara Alcerich, em Palmeira, Estado do Paraná

Fluxo padrão		Unidades	Conversão*	Transformidade (sej/unidade)	Unidade	Fluxo de emergia (sej/ano)	%
<b>Recursos Naturais (I)</b>						<b>3,35E+16</b>	<b>24,68</b>
<b>Renováveis (R)</b>						<b>3,28E+16</b>	<b>24,10</b>
Chuva	1,2	m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> /ano	1.50E+12	1,82E+04	sej/J	3,28E+16	24,10
<b>Não Renováveis (N)</b>						<b>7,85E+14</b>	<b>0,58</b>
Perda do solo	300	Kg/ano	2.71E+07	7,38E+04	sej/J	6,00E+14	0,44
Uso água	912.500	l/ano	4.94E+03	4,10E+04	sej/J	1,85E+14	0,14
<b>Recursos da Economia (F)</b>						<b>1,02E+17</b>	<b>75,32</b>
<b>Materiais (M)</b>						<b>6,46E+16</b>	<b>47,54</b>
Sementes	1.139,33	US\$/ano	-	2,48E+12	sej/US\$	2,83E+15	2,08
Fertilizantes	1.266	US\$/ano	-	2,48E+12	sej/US\$	3,14E+15	2,31
Ração	18.580	US\$/ano	-	2,48E+12	sej/US\$	4,60E+16	33,90
Sanidade	2.715	US\$/ano	-	2,48E+12	sej/US\$	6,73E+15	4,95
Eletricidade	528	US\$/ano	-	2,48E+12	sej/US\$	1,31E+15	0,96
Bens da propriedade	1.826	US\$/ano	-	2,48E+12	sej/US\$	4,53E+15	3,33
<b>Serviços (S)</b>						<b>3,8E+16</b>	<b>27,78</b>
Mão de obra	5.840	h/ano	1.34E+07	4,00E+05	sej/J	3,13E+16	23,02
Impostos e taxas	2.605,94	US\$/ano	-	2,48E+12	sej/US\$	6,46E+15	4,76
<b>Energia total (Y)</b>						<b>1,36E+17</b>	<b>100</b>
<b>Produção</b>							
Leite	127.750	l/ano	2.616.250	<b>0,41E+06</b>	sej/J	3,34E+11	

\*Conversão: [chuva (Comar & Ortega, 2003): 1000 kg/m<sup>3</sup> X 10000 m<sup>3</sup>/ha X 5000 (energia livre de Gibbs) X 30 ha]; [perda de solo: 4% de Matéria Orgânica X 5400 Kcal na Matéria Orgânica X 4186 J/Kcal X 30 ha]; [uso água (Comar & Ortega, 2003): 4949 J/L]; [mão de obra (Comar & Ortega, 2003): 3200 Kcal/dia X 4186 J/Kcal].

produzido na propriedade em estudo possui uma baixa relevância ecossistêmica. Esta eficiência deve ser analisada em conjunto com outros índices; segundo Odum (1996), os sistemas de produção podem ter transformidades variadas, de acordo com as circunstâncias ambientais e econômicas. Em estudos realizados por Ortega (2003), analisando valores emergéticos da produção de soja conduzida quimicamente, demonstra-se que essa produção possui um valor de transformidade 108.547 sej/J, sendo considerado altamente eficiente; porém, essa eficiência é ancorada em cerca de 70% de energia advinda da economia. Em estudo emergético de uma propriedade agroecológica (Sítio Duas Cachoeiras, São Paulo), Agostinho (2005) chegou a um valor de transformidade de 280.863 sej/J, sendo maior do que o encontrado por Ortega (2003); porém, o Sítio Duas Cachoeiras demanda apenas 25% (aproximadamente) de recursos energéticos advindos da economia, sendo que 75% desta eficiência é aproveitada pelos serviços advindos de recursos naturais. Em áreas de mata, com alguma interferência humana, Agostinho (2005) demonstrou valores de transformidade de 25.286 sej/J, sendo que, neste caso, 90,62% em recursos naturais renováveis.

Os outros valores calculados podem ser observados no diagrama simplificado do fluxo emergético, demonstrados na Tabela 3.

Os resultados dos outros índices de sustentabilidade sugeridos pela metodologia emergética podem ser observados na Tabela 4, sendo expressos os valores de EYR, EIR, ELR, EER, %R, SI e RES.

**Tabela 3.** Resultado emergético da produção de leite na chácara Alcerich, em Palmeira, Estado do Paraná

Fluxo padrão	Fluxo de energia (sej/ano)	%
Recursos Naturais ( $I = R+N$ )	3,35E+16	24,68
Renováveis (R)	3,28E+16	24,10
Não Renováveis (N)	7,85E+14	0,58
Recursos da economia ( $F = M+S$ )	1,02E+17	75,32
Materiais (M)	6,46E+16	47,54
Serviços (S)	3,80E+16	27,78
Energia total ( $Y = I+F$ )	1,36E+17	100,00

**Tabela 4.** Índices emergéticos calculados para a chácara Alcerich, em Palmeira, Estado do Paraná

Índice	Valor
EYR (Razão de Rendimento Emergético Líquido)	1,33
EIR (Razão de Investimento de Energia)	3,05
ELR (Carga Ambiental)	3,15
EER (Razão de Intercâmbio de Energia)	1,71
%R (Renovabilidade)	24,00
SI (Índice de Sustentabilidade)	0,42
RES (Rentabilidade Econômica Simples)	0,12

Observa-se que o valor de EYR = 1,33 é baixo. Segundo Brown & Ulgiati (2004), valores inferiores a dois são indicativos de não contribuição como fonte de energia e atuam como produtos de consumo ou etapas na transformação das fontes de energia reais. Já o valor de ELR = 3,15 demonstra que o processo é considerado de moderado impacto ambiental. Valores dentro do intervalo entre três e dez são considerados de moderado impacto e valores acima de dez são considerados de significativo impacto ambiental (Brown & Ulgiati, 2004).

O valor de EIR = 3,05 demonstra um alto grau de dependência do sistema na utilização de recursos externos. Podem-se considerar valores de dois a cinco como elevados para propriedades produtoras de leite (Comar & Ortega, 2003). Essas propriedades apresentam grande investimento externo em relação às contribuições de recursos naturais advindos da propriedade. Avaliando-se a razão de intercâmbio emergético (EER), conclui-se que o produtor em estudo fornece 1,71 vezes mais energia em produto do que a energia que recebe em forma de dinheiro. O EER descreve se o sistema está sendo remunerado pela energia empregada na produção (Agostinho *et al.*, 2008).

A quantidade de energia renovável utilizada no sistema, em relação à energia total, expressa no valor de renovabilidade (%R), demonstra que, na propriedade em estudo, 24% dos recursos utilizados para a produção de leite são advindos de recursos naturais, ou seja, possui relação proporcionalmente indireta com o valor de EIR; desta forma, considera-se o valor encontrado como sendo baixo. No caso do Sítio Duas Cachoeiras (propriedade agroecológica), Agostinho (2005) encontrou um valor de %R = 75,00, demonstrando que o fluxo energético interno da propriedade é altamente eficiente e sustentável. Ortega (2003), em seu estudo comparativo de diferentes sistemas de produção de soja, apresentou valores que variam de %R = 85,3, para o sistema ecológico, a %R = 22,4, para o sistema de produção baseado em agroquímicos. Em estudos relacionados com a produção leiteira, Wada & Ortega (2003) apresentaram valor de %R = 23,0, para sistema de produção típico do interior do Estado de São Paulo, em propriedade com produção média diária de 120 L de leite, a valores de %R = 4,0, em grande propriedade da Flórida – EUA, onde a produção leiteira ultrapassa os 200.000 L/dia, ou seja, valores bastante contrastantes para duas propriedades bastante distintas.

O índice de sustentabilidade (SI) fornece informação acerca da viabilidade da produção ao longo do tempo; o valor encontrado, SI = 0,42, é baixo para o processo estudado, ou seja, existe razoável possibilidade de este se tornar inviável ao longo do tempo. Comar & Ortega (2003) citaram valores semelhantes, em estudos de propriedades leiteiras com as mesmas características, e justificam

estes valores pela baixa utilização de força de trabalho, fato também observado neste trabalho. Outro limitante observado e que contribui para um baixo SI diz respeito à excessiva utilização de recursos externos, bem como a pouca utilização de recursos renováveis.

A rentabilidade (RES) obtida na propriedade, mesmo sendo um valor baixo, RES = 0,12, é positiva e fornece à família renda mensal. Valores baixos de RES são comuns em atividades baseadas em economia de escala, como em grandes propriedades. Assim, pelo fato de que a agricultura familiar apresenta uma reduzida escala de produção, esse valor confere à família uma renda mensal limitada, em função de tamanho de sua área.

## CONCLUSÕES

A metodologia emergética aplicada permitiu identificar que, apesar de economicamente viável em termos energéticos, a propriedade apresenta baixo índice de sustentabilidade (SI), o que a remete a uma insustentabilidade de produção.

## REFERÊNCIAS

- Agostinho F, Diniz G, Siche R & Ortega E (2008) The use of emergy assessment and the Geographical Information System in the diagnosis of small family farms in Brazil. *Ecological Modelling*, 210:37-57.
- Agostinho FDR (2005) Uso de análise emergética e sistemas de informações geográficas no estudo de pequenas propriedades agrícolas. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 226p.
- Almeida J (1998) Da ideologia do progresso à idéia do desenvolvimento (rural) sustentável. In: Almeida J & Navarro J (Eds.) *Reconstruindo a agricultura: Idéias e ideais na perspectiva de um desenvolvimento rural sustentável*. Porto Alegre, Ed. Universidade, UFRGS. p.33-55.
- Barrella BA, Almeida CMB & Giannetti BF (2005) Ferramenta para tomada de decisão considerando a interação dos sistemas de produção e o meio ambiente. *Revista Produção*, 15:87-101.
- Barros I, Blazy JM, Rodrigues GS, Tournebize R & Cinna JP (2009) Emergy evaluation and economic performance of banana cropping systems in Guadeloupe (French West Indies) agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 129:437-449.
- BCB - Banco Central do Brasil (2009) Taxa de câmbio. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/?TXCAMBIO>>. Acessado em: 25 de maio de 2009.
- Brasil (2001) Decreto N° 3.991, de outubro de 2001, Ministério do Desenvolvimento Agrário, Publicado no Diário Oficial da União de 31/10/2001, Seção 1, p.3.
- Brown MT & Ulgiati S (2004) Emergy analysis and environmental accounting. *Encyclopedia Energy*, 2:329-354.
- Buainain AM, Romeiro AR & Guanziroli C (2003) Agricultura familiar e o novo mundo rural. *Sociologias*, 10:312-347.
- Comar V & Ortega E (2003) Resultados preliminares da comparação dos índices emergéticos de onze fazendas do município de Pardinho/SP, Brasil. In: Ortega E (Ed.) *Engenharia ecológica e agricultura sustentável: Uma introdução à metodologia emergética*. Campinas, FEA/UNICAMP. p.16-22.
- DIEESE (2011) Estatísticas do meio rural 2010-2011. 4ª ed. São Paulo, DIEESE, NEAD, MDA. 292p.
- Eurich J, Spies A, Weirich Neto PH & Rocha CH (2010) Tipificação de agricultores familiares produtores de leite em uma colônia de Palmeira, PR. In: I Congresso Sul Brasileiro de Produção Animal Sustentável (I ANISUS), Chapecó. I ANISUS CEO/UDESC p.1-4.
- IBGE (2006) Censo agropecuário 2006: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, Censo Agropecuário. p.1-777.
- INMET (2009) Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. Brasília, DF. 465p.
- Odum HT (1996) *Environmental accounting, emergy and environmental decision making*. 1ª ed., New York, John Wiley & Sons Ltd. 370p.
- Ortega EA (2003) Soja no Brasil: Modelos de produção, custos, lucros, externalidades, sustentabilidade e políticas públicas - 2003. Disponível em: <[www.unicamp.br/fea/ortega/soja/Resumo-SojaBrasil-Ortega2003.pdf](http://www.unicamp.br/fea/ortega/soja/Resumo-SojaBrasil-Ortega2003.pdf)> Acessado em: 16 de dezembro de 2010.
- Rótolo GC, Rydberg T, Lieblein G & Francis C (2007) Emergy evaluation of grazing cattle in Argentina's Pampas Agriculture. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 119:383-395.
- Rydberg T & Haden AC (2006) Emergy evaluations of Denmark and Danish agriculture: Assessing the influence of changing resource availability on the organization of agriculture and society. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 117:145-158.
- Sachs I (1990) Desarrollo sustentable, bio-industrialización descentralizada y nuevas configuraciones ruralurbanas - Los casos de India y Brasil. *Pensamiento Iberoamericano*, 46:235-256.
- Sarcinelli O & Ortega E (2006) Análise do desempenho econômico e ambiental de diferentes modelos de cafeicultura em São Paulo - Brasil: Estudo de caso na região cafeeira da Média Mogiana do Estado de São Paulo. *Revista Iberoamericana de Economia Ecológica*, 5:13-26.
- Siche R, Agostinho F, Ortega E & Romeiro A (2007) Índices versus indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. *Ambiente & Sociedade*, 2:137-148.
- Siniscalchi PAA (2006) Emergia como indicador de valor para a análise econômica-ecológica. *Megadiversidade*, 2:18-23.
- Tarsitano MA, Sant'Ana AL & Rapassi RMA (2005) Relevância da agricultura familiar na geração de renda no município de Monções, estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, 7:7-17.
- Veiga JE (2010) Indicadores de sustentabilidade. *Estudos Avançados*, 24:39-52.
- Wada DK & Ortega E (2003) Comparação dos balanços de emergy de dois sistemas de produção de leite. In: Ortega E (Ed.) *Engenharia ecológica e agricultura sustentável: Uma introdução à metodologia emergética usando estudos de casos brasileiros*. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos. 15p.