

**INDICADORES EMERGÉTICOS PARA VALORAÇÃO ECONÔMICO-ECOLÓGICA  
DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE: estudo de caso.**

Ana Caroline Silva Nogueira\*

Débora Costa Valentim\*\*

Elizabeth Nogueira Fernandes\*\*\*

**RESUMO**

O presente trabalho debate o uso da Análise Emergética para avaliar a sustentabilidade em um sistema de produção de leite convencional, empregado em uma fazenda situada em Capela Nova, Minas Gerais. Para o estudo foram considerados os aspectos ambientais, econômicos e sociais na propriedade rural de produção de leite. Os índices emergéticos utilizados foram: Transformidade (Tr), Renovabilidade (%R), Taxa de Rendimento Emergético (EYR), Taxa de Investimento de Energia (EIR) e Taxa de Intercâmbio de Energia (EER), foram também calculados alguns índices sociais, como trabalhadores por hectare, pessoas empregadas por hectare e custo do empregado por hectare, bem como a rentabilidade econômica do sistema de produção. O estudo concluiu que a propriedade analisada deve se esforçar para atingir melhores índices de sustentabilidade ambiental e econômica.

---

\* Graduanda do Curso de Ciências Econômicas das FIVJ. e-mail: anacarol.nogueira@yahoo.com.br

\*\* Graduanda do Curso de Ciências Econômicas das FIVJ. e-mail: debora\_cvalentim@hotmail.com

\*\*\* Engenheira Florestal da Embrapa Gado de Leite.. e-mail: chefiacn@cnpgl.embrapa.br

---

*Edição Especial*

**PALAVRAS-CHAVE:** ANÁLISE EMERGÉTICA. PRODUÇÃO DE LEITE. SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA

### **INTRODUÇÃO**

O crescimento descontrolado da população e a expansão das grandes indústrias baseada no uso abusivo dos combustíveis fósseis abriram caminho para uma expansão inédita da escala das atividades humanas, pressionando a base limitada e cada vez mais escassa dos recursos naturais do planeta. A crescente preocupação com a escassez dos recursos naturais e com o futuro das próximas gerações fez surgir o conceito de desenvolvimento sustentável, uma solução conciliadora entre crescimento econômico e o uso sustentável dos recursos naturais (Maia, 2002). Tal conceito passou a ter relevância quando se notou que a degradação estava diretamente relacionada com a perda da qualidade de vida e que esses problemas afetam toda a população, despertando assim a consciência da sociedade para a importância de produtos mais saudáveis aliado a uma maior proteção do meio ambiente e da necessidade de políticas públicas e privadas que implementem um consumo e desenvolvimento sustentável. Funções importantes, como fornecimento de matérias-primas para o desenvolvimento econômico, identificação de resíduos do processo de produção e consumo, controle climático e biodiversidade, são exercidas pelos recursos naturais.

Os sistemas convencionais costumam lidar com o meio ambiente e suas funções como sendo ilimitados ou gratuitos, desta forma, incentivam a exaustão dos recursos e a degradação dos ecossistemas. Todas as economias dependem do meio ambiente como fonte de serviços de sustentação da vida e de matérias-primas, portanto, os mercados e as economias planejadas deverão se conscientizar do valor desses bens e serviços, ou dos custos que a sociedade terá, caso os recursos ambientais sejam reduzidos ou os serviços prejudicados.

---

*Edição Especial*

Na economia convencional, o preço de um produto corresponde aproximadamente à somatória das despesas realizadas com insumos, mão-de-obra e outros tipos de serviços, mais a margem de lucro desejada. Em certa forma o preço econômico mede o trabalho humano agregado, porém não considera a contribuição da natureza na formação dos insumos utilizados nem o custo das externalidades negativas no sistema regional nem as despesas resultantes da exclusão social gerada pelo empreendimento e pagas pela sociedade local (ORTEGA, 2002).

Do aspecto econômico, para que haja desenvolvimento econômico é necessário que o crescimento seja determinado de acordo com a capacidade de apoio dos ecossistemas, levando-se em conta a correlação entre os objetivos ecológicos e a integridade dos ecossistemas, com a preservação da biodiversidade, com respeito aos alcances do meio ambiente físico.

O termo sustentabilidade, tão amplamente debatido, encerra em si as questões não só ambientais, mas também sociais e econômicas, de forma integrada.

Um dos temas mais críticos atualmente é decidir precisamente como administrar os recursos ambientais para alcançar o interesse das populações. A preocupação com os problemas ambientais aparece como um elemento importante a respeito do crescimento material e econômico e da qualidade de vida.

Segundo Maia (2002), se todos os danos ambientais fossem inseridos nas funções de produção das empresas, haveria também maior viabilidade econômica para atividades sustentáveis como a agricultura orgânica e o manejo florestal. Embora evitem prejuízos maiores ao meio ambiente, estas atividades sustentáveis ainda dependem da conscientização ambiental da população, pois usualmente seus produtos apresentam preços mais elevados no mercado.

Os custos ambientais não são geralmente captados nas relações de mercado, devido à indefinição de direitos privados de propriedade: o custo da degradação não incide sobre os que degradam, mas recaem sobre a sociedade como um todo e sobre as gerações futuras. Isto quer dizer que o uso do meio ambiente gera externalidades

*Edição Especial*

(custos ambientais) não captadas pelo sistema de preços e, portanto, externos às funções de custo e de demanda. Desta forma, o mercado não gera incentivos apropriados para o uso eficiente dos recursos naturais, os quais, tratados como recursos livres ou de custo muito baixo, tendem a ser super explorados (MOTTA e MENDES, 2001).

No entanto, com a necessidade de mudança no processo de produção, desenvolveu-se a metodologia emergética, que segundo Ortega (2002), os índices de energia permitem comparar as contribuições da natureza e da economia na composição do produto e medir, entre outros parâmetros, o impacto ambiental, a sustentabilidade e a capacidade de carga do sistema que será avaliado. Podendo, assim, ter a idéia de quanto vale o ambiente natural e agregar esses valores na análise econômica, de modo a minimizar os impactos negativos gerados pelo livre mercado.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi utilizar os índices emergéticos como instrumento de avaliação na unidade de produção de leite convencional, oferecendo ferramentas e procedimentos para a gestão sustentável da pecuária, visando à otimização dos recursos naturais, ou seja, avaliar seu grau de sustentabilidade ambiental e econômica com base na metodologia emergética.

**METODOLOGIA**

Para o presente estudo foi considerada uma fazenda leiteira de manejo convencional situada na cidade de Capela Nova, Minas Gerais. O sistema foi analisado através da metodologia emergética, que é uma ferramenta que possibilita a avaliação ambiental e econômica dos sistemas de produção agroindustriais.

A energia, escrita com “m”, é toda a energia consumida durante o processo de obtenção de qualquer recurso natural, matéria prima, bem industrial ou informação. A

---

*Edição Especial*

energia solar de um produto é toda a energia do produto, expressa em energia solar necessária para produzi-lo, ou seja, a contabilidade de todos os recursos naturais (água, sol, chuva, vento, marés, solo, entre outros.) e os recursos econômicos (insumos agrícolas, produtos químicos, equipamentos industriais, máquinas agrícolas, mão-de-obra). Sua unidade de medida é joule de energia solar, denominada como emjoule e abreviado sej (Odum, 1996).

A análise do desempenho emergético é efetuada em um subsistema definido e delimitado do segmento produção de leite, tomando-se como base os aspectos ecossistêmicos, evidenciando uma análise de fatores isolados, levando em consideração as diversas etapas dos processos produtivos pertinentes ao caso em estudo (Ortega, 2000). Essa ferramenta permite confrontar as contribuições da natureza e da economia (Figura 1) na consolidação do produto, além de medir, entre outros parâmetros, o impacto ambiental, a sustentabilidade e a capacidade de carga do sistema que será avaliado, tendo assim, a idéia de quanto vale o ambiente natural, o que permite agregar esses valores na análise econômica.

Na Figura 1 é apresentado um diagrama da análise sistêmica emergética da pecuária de leite, abordando os distintos fatores interferentes no sistema de produção, assim como as diversas variáveis genéricas e específicas que interferem na estrutura do sistema pré-definido, evidenciando os recursos renováveis e não-renováveis, os processos internos, os fluxos financeiros, etc., enfim todos os fluxos pertinentes a uma análise detalhada do sistema considerado.

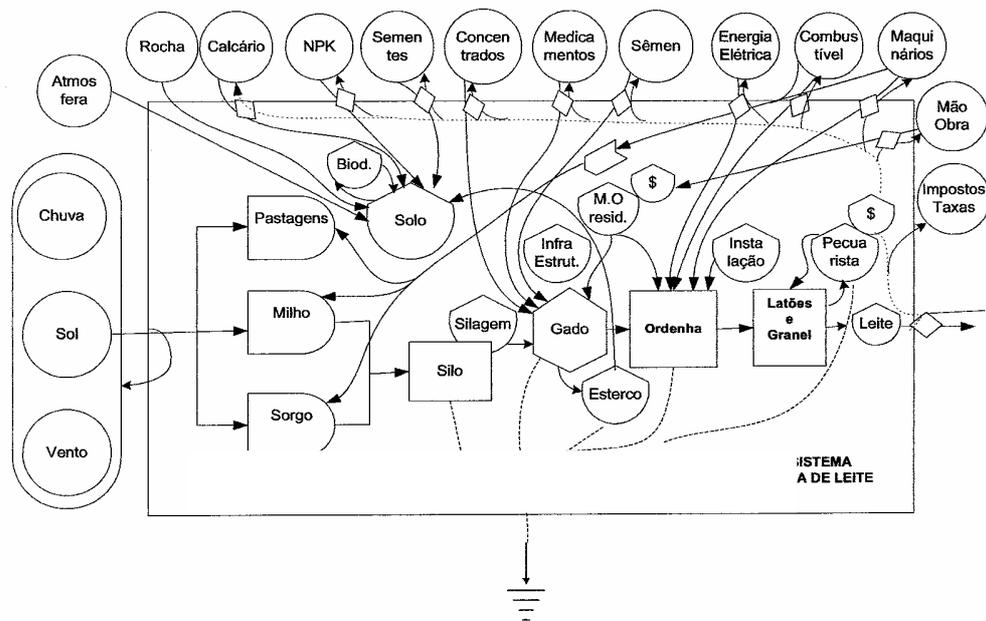


Figura 1 - Diagrama Emergético da Produção de Leite

Figura 1 Diagrama emergético da produção de leite.

Segundo a descrição clássica de Odum (1988), a análise de fluxo energético é uma metodologia que permite ordenar as informações de um sistema, vislumbrando os elementos e suas interações, quantificando de maneira integrada os sistemas ecológicos e econômicos através da linguagem energética.

É necessário ressaltar a importância das diversas etapas de desenvolvimento dos processos relativos à produção de leite, assim como de suas fases, como a utilização dos recursos naturais com a formação do alimento consumido pelo gado, a utilização de materiais e serviços que incluem a utilização de concentrados, medicamentos, sêmen, etc., ressaltar a utilização de materiais e serviços que são empregados no processo de ordenha, assim como também todo o sistema financeiro envolvido. Podemos considerar que a análise emergética é dividida basicamente em

---

*Edição Especial*

três etapas, sendo elas a análise dos fluxos energéticos de entrada e saída do sistema, a obtenção dos índices energéticos e a interpretação dos índices energéticos.

Enfim, a análise energética deve englobar todos os fluxos pertinentes à atividade considerada, com uma caracterização prévia dos limites do sistema, mostrando os *inputs* e *outputs*, dentro de uma abordagem metodológica direcionada e aplicada, correlacionando os fatores econômicos e ambientais.

Contudo, para dar continuidade ao estudo e seguir as etapas pertinentes à metodologia, foi elaborado um questionário a ser empregado na coleta de dados nos sistemas de leite estudados. A sua elaboração levaram em consideração múltiplos aspectos de uma mesma unidade, de modo a manter a coerência com o método de abordagem sistêmica adotado pela pesquisa. O questionário foi estruturado sob a forma de um roteiro de questões dirigidas, para que aspectos previamente definidos e importantes não fossem esquecidos, servindo como um guia de caráter dinâmico.

## **RESULTADO E DISCUSSÃO**

Com a concretização do estudo, com base nas informações obtidas, verifica-se na tabela 1 os indicadores energéticos, econômicos e sociais do sistema de produção de leite analisado.

Segundo Ortega, Anami e Diniz, citado por Agostinho (2009), a consideração das renovabilidades parciais “avaliam a Sustentabilidade mais apropriadamente”, pois considera o grau de renovabilidade dos recursos renováveis comprados na economia local ou regional, que possui maior renovabilidade comparada com recursos comprados, processados e transportados a grandes distâncias. A seguir a definição dos índices energéticos calculados na tabela 1:

---

*Edição Especial*

- A Transformidade (Tr): é um índice emergético que avalia a eficiência do sistema em estudo, pois é resultado da divisão da energia total utilizada pela energia produzida. Transformidade é medida em emjoules solares por joule (seJ.J-1) e é utilizada para converter diferentes tipos de energia na mesma unidade de energia (BROWN; ULGIATI, 2004). Quando comparamos diferentes sistemas, valores baixos de transformidade indicam melhor eficiência. A transformidade indica, também, a posição do sistema em estudo em uma escala hierárquica de energia na biosfera. Assim, quanto maior for seu valor, mais energia agregada ele possuirá.
- 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) (chuva, sol, vento, sedimentos, biodiversidade e solo), e a energia total utilizada para produzir um produto específico. A longo prazo, somente os processos com valores altos de renovabilidade serão sustentáveis.
- Razão de Rendimento Emergético (EYR): o índice 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), esta última variável leva em consideração os materiais (M) e os serviços (S) utilizados. O valor do EYR indica quanta energia primária é disponibilizada para a economia que consome o produto. Indica se o processo retorna ao setor econômico mais energia do que compra. Um maior valor desse índice indica uma maior contribuição da natureza em comparação aos recursos provenientes da economia, na formação do produto que será disponibilizado para os consumidores avalia o desempenho ou eficiência de uma unidade de produção ou processo.
- Razão de Investimento Emergético (EIR): mede o investimento da sociedade para produzir certo bem, em relação à contribuição da natureza. A razão de investimento emergético é a razão entre energia da retroalimentação da economia externa (F) entre os insumos de energia local (N + R). Não é um índice independente, está vinculado ao

*Edição Especial*

índice EYR citado acima. Este índice mostra a dependência do sistema em recursos externos comprados. Um sistema com baixa Razão de Investimento Emergético usa mais sua energia livre ambiental, necessitando comprar menos de fontes externas, diminuindo seus custos e sendo mais competitivo no mercado.

- Taxa de Intercâmbio Emergético (EER): a razão de intercâmbio de energia EER é a energia do produto dividido pelo valor de energia do pagamento. A energia do pagamento é relativa aos serviços que ela permite comprar. O pagamento é multiplicado pela relação de energia/dinheiro da área onde o dinheiro será gasto. Então  $EER = Y / [\text{produção} \times \text{preço} \times (\text{energia/US\$})]$ . É a relação de energia recebida pela energia fornecida nas transações econômicas (vendas no comércio).
- Indicadores Econômicos e Sociais: os indicadores econômicos e sociais contemplados no trabalho são: rentabilidade econômica (calculada dividindo-se o lucro líquido obtido pelos custos totais de produção); número de trabalhadores por hectare (mão-de-obra familiar); número de pessoas empregadas por hectare (mão-de-obra contratada) e custo do empregado por hectare por ano.

<b>Indicadores Emergéticos</b>		
	Sítio Lobas	
Tr: Transformidade (média)	1.217.769	sej/J
EYR: Taxa de Rendimento	2,28	adimensional
EIR: Taxa de Investimento	0,78	adimensional
%R:Renovabilidade	56,22	%
EER: Intercâmbio Emergético	2,91	adimensional
<b>Indicadores Econômicos e Sociais</b>		
Rentabilidade Econômica	-0,23	adimensional
Trabalhadores Familiares/Contratados	0,06	pessoas/ha
Pessoas	0,06	pessoas/ha

*Edição Especial*

empregadas/ha		
Custo empregado/ha.ano	166,57	R\$/ha.ano

Tabela 1 Indicadores emergéticos, econômicos e sociais dos sistemas convencionais de produção de leite estudados.

Com relação aos dados citados na tabela à cima, verifica-se que o sistema atingiu um índice de Transformidade (Tr) de 1.217.769 sej/J, indicando que para cada 1 litro de leite produzido foi gasto 1.217.769 sej/J de energia solar, essa taxa define quanto de energia solar é necessário para produzir um determinado produto, quanto maior esse índice maior a importância do que foi produzido para o ecossistema e para os indivíduos, apesar do mesmo necessitar de energia solar para produzir determinado produto.

No que diz respeito à Taxa de Rendimento (EYR), a propriedade alcançou um valor de 2,28, significando que o sistema forneceu 1,28 de energia a mais do que recebeu da economia, assim consideramos que quanto maior esse valor melhor o desempenho ou eficiência do sistema de produção. Para que esse índice seja bom e o sistema de produção contribua para a economia global esse índice deve ser maior que 1. Um maior valor desse índice significa uma maior contribuição da natureza em comparação aos recursos derivados da economia, na formação do produto que será disponibilizado para os consumidores.

A Taxa de Investimento (EIR) representa a relação entre os recursos provindos da natureza com os da economia, nessa propriedade o índice alcançou um valor de 0,78, quanto maior o valor dessa taxa maior será o impacto ambiental, pois esse índice mostra a dependência do sistema produtivo em recursos externos adquiridos da economia.

Todavia, a Taxa de Renovabilidade (%R) do sistema foi 56,22%, esse índice indica o quanto os recursos utilizados para a produção são renováveis e que quanto maior esse indicador mais o sistema está sendo sustentável.

---

*Edição Especial*

Em contrapartida à Taxa de Renovabilidade está o Intercâmbio Emergético que expressa a relação de troca entre os produtos vendidos e a energia do dinheiro recebido, ou seja, esse índice avalia se o produtor está recebendo na venda dos produtos toda a energia necessária para a produção e quanto maior esse valor, melhor o sistema de produção. No caso dessa propriedade leiteira o índice foi de 2,91, indicando que o produtor pode estar tendo perda em sua produção.

No que diz respeito à sustentabilidade, diante da proposta da metodologia emergética os índices analisados acima são considerados baixos, ou seja, o sistema ainda faz mais uso dos recursos provindos da economia. Apesar de o sistema analisado ter atingido alguns índices considerados bons, verifica-se que o sistema de produção ainda faz uso da tradicional economia, entretanto fica a proposta de uma produção mais sustentável e consciente.

### **CONCLUSÃO**

Com os resultados obtidos no estudo, podemos concluir que algumas mudanças devem ser consideradas a fim de minimizar os impactos ambientais causados pelo sistema de produção, e que a ferramenta utilizada para o estudo pode ser uma grande aliada para o produtor, pois contribui para um melhor gerenciamento dos recursos naturais e do sistema de produção, proporcionando tanto ganhos ambientais quanto ganhos econômicos.

Na efetivação do estudo ficou claro que é preciso um esforço para melhorar e adequar a metodologia emergética às circunstâncias locais no Brasil, onde não há dados de uso de energia na agricultura, somente dados monetários, porém, demonstrando ser uma importante ferramenta de informação aos produtores. Os projetos agroecológicos merecem uma análise diferenciada devido a sua complexidade

---

*Edição Especial*

e porque aproveitam os serviços, considerados gratuitos, da biodiversidade e o trabalho familiar.

Portanto, vale ressaltar que ainda existe a necessidade de um grande trabalho de pesquisa e desenvolvimento a ser realizado para que os consumidores possam desfrutar de derivados de produtos animais orgânicos em quantidade, qualidade, diversidade e regularidade. De qualquer forma, existem muitas oportunidades e quem se propuser a sair na frente terá um bom mercado para explorar. Além disto, este estudo poderá contribuir para formulação de políticas públicas para o setor leiteiro.

**INDICATORS EMERGtica TO VALUATION ECOLOGIC-ECONOMIC THE  
PRODUCTION SYSTEM OF MILK: case study**

**ABSTRACT**

The present paper discusses the use of Emergtica analysis to assess the sustainability in one systems of conventional milk producers, employee in the farm situated in Capela Nova located in Minas Gerais. For the study were considered the environmental aspects, Economic and social impacts of the two farms in milk production. The indices used were emergticos: Transformability (Tr), Renewability (% R), Rate of Return Emergtico (EYR), Emergy Investment Ratio (EIR) and Rate of Exchange of Emergy (EER) were also calculated some social indexes, such as workers per hectare, people employed per hectare cost of employee per hectare, and the Economic profitability of production systems. The study concluded that these property should Strives to achieve best indexes of Economic and environmental sustainability.

*Edição Especial*

**KEYWORDS:** EMERGÉTICA ANALYSIS, MILK PRODUCTION, SUSTAINABILITY OF AGRICULTURE

**REFERÊNCIAS**

AGOSTINHO, F. D. R. Estudo da sustentabilidade dos sistemas de produção agropecuários da bacia hidrográfica dos Rios mogi-guaçu e pardo através da análise emergética. 2009. 230 p. Tese (Doutorado) - UNICAMP, Campinas.

BROWN, M. T., ULGIATI, S. **Emergy analysis and environmental accounting**. *Encyclopedia of Energy*, 2: 329-354. 2004.

MAIA, A. G. Valoração de recursos ambientais. 2002. 183 f. Tese (Mestrado) - UNICAMP, Campinas.

MOTTA, R. S.; MENDES, F. E. Instrumentos econômicos na gestão ambiental: aspectos teóricos e de implementação. In: ROMEIRO, A. R. et al. **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. Campinas: UNICAMP, 2001. p. 127-152.

ODUM, H. T., **Environmental Accounting: emergy and decision making**. New York, John Wiley, 1996. 370p.

ODUM, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan S. A., 1988. 434p.

ORTEGA, E. Contabilidade e Diagnóstico dos sistemas usando os valores dos recursos expressos em emergia. 2002. Trabalho não publicado. Disponível em: <<http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/extensao/resumo.pdf>> <[www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf](http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/resumo.pdf)>. Acesso em: 09 set 2009.

ORTEGA, E. Avaliação ecossistêmica-emergética de processos agrícolas e agroindustriais. Estudo de caso: a produção de soja. In: **Engenharia ecológica e agricultura sustentável: usando a metodologia emergética-ecossistêmica**. Campinas, São Paulo, 2002. p. 6-12.

---

*Edição Especial*

\_\_\_\_\_. Resultados preliminares da comparação dos índices energéticos de onze fazendas do município de Pardinho/SP, Brasil. In: **Engenharia ecológica e agricultura sustentável**: usando a metodologia energética-ecossistêmica. Campinas, São Paulo, 2002.  
p. 6-12.

\_\_\_\_\_. Tabela Mínima de Transformidades. 2000. Trabalho não publicado. Disponível em: <[www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/curso/transformid.htm](http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/curso/transformid.htm)>. Acesso em: 08 dez. 2009.