

# ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE POR MEIO DO DIAGNÓSTICO DOS CINCO CAPITAIS E DA ANÁLISE EMERGÉTICA, REGIÃO DE ARAÇATUBA, ESTADO DE SÃO PAULO<sup>1</sup>

Edmar Eduardo Bassan Mendes<sup>2</sup>

Irineu Arcaro Junior<sup>3</sup>

Luis Alberto Ambrosio<sup>4</sup>

**RESUMO:** A sustentabilidade do sistema semi-intensivo de produção de leite, para uma propriedade da região de Araçatuba, Estado de São Paulo, foi avaliada usando os métodos de Diagnóstico dos Cinco Capitais e da Análise Emergética, de modo integrado. O diagnóstico dos capitais mostrou que os capitais natural e humano são pontos fortes e que o Capital Financeiro é o ponto fraco do sistema. Os índices emergéticos mostram baixa sustentabilidade do sistema devido à grande dependência do fluxo de energia retroalimentado da economia e à pequena incorporação de energia dos recursos naturais: Renovabilidade (14,83%), Índice de Sustentabilidade Emergética (0,20), Taxa de Rendimento Emergético (1,18) e Índice de Investimento Emergético (5,73). Este sistema causa alto estresse ambiental, como indica a Razão de Carga Ambiental (5,9). O sistema tem baixa relação Não Renováveis/Renováveis (5,8) devido aos benefícios das práticas de conservação do solo adotadas. Para aumentar a sustentabilidade do sistema, recomenda-se a adoção da integração da produção agrícola e pecuária.

**Palavras-chave:** capital natural, diagnóstico de capitais, energia, sistema semi-intensivo de leite.

## SUSTAINABILITY STUDY OF A DAIRY CATTLE PRODUCTION SYSTEM THROUGH THE DIAGNOSES OF THE FIVE CAPITALS AND EMERGY ANALYSIS METHODS, ARAÇATUBA REGION, SÃO PAULO STATE

**ABSTRACT:** The sustainability of a semi-intensive dairy cattle production system of a farm located in Araçatuba – São Paulo State, Brazil – was evaluated by integrating the diagnostic methods of Five Capitals and Emergy Analysis. The capitals framework interpretation showed that human and natural capitals are the system strengths while financial capital is the weakness. The emergy indices show low sustainability of the system due to the great dependence of the emergy flow feedbacked from the economy and little incorporation of natural resource emergy: Renewability (14.83%), Emergy Sustainability Index (0.20), Emergy Investment Ratio (1.18) and Emergy Investment Ratio (5.73). This system causes high environmental stress as indicated by the Environmental Loading Ratio (5.9). The system has low Non-Renewable/Renewable ratio (5.8) due to the benefits of soil conservation practices adopted. The adoption of integrated crop and livestock production practices is recommended to make the system sustainable.

**Key-words:** natural capital, capital diagnosis, emergy, semi-intensive milk system.

**JEL Classification:** D10, Q12, Z10.

---

<sup>1</sup>Registrado no CCTC, REA-15/2014.

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre, Pesquisador Científico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), São José do Rio Preto, SP, Brasil (e-mail: ebassanmendes@apta.sp.gov.br).

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, Brasil (e-mail: irineu@iz.sp.gov.br).

<sup>4</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador Científico do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP, Brasil (e-mail: ambrosio@iz.sp.gov.br).

## 1 - INTRODUÇÃO

A preocupação e conscientização em relação às questões ambientais entre os produtores de leite vêm aumentando devido às multas por infrações da legislação ambiental e pelo ingresso de produtores mais esclarecidos no setor. Isso induz a readoção de práticas agrícolas antigas, tais como o uso de esterco, que antes era um problema para o descarte e, hoje, tem valor como fonte de nutrientes na produção mais intensiva de pastagem. Os resultados dessas inovações ainda não são conhecidos, principalmente devido à falta de métodos para mensurar a sustentabilidade de suas atividades.

O sistema semi-intensivo de produção de leite com uso de tecnologias baseadas em insumos de mercado tem uma característica que permanece, mesmo com a intensificação da mecanização pela instalação de ordenhadeiras, transferidores, canalização direta do leite ao resfriador e demais avanços acessíveis aos pequenos e médios produtores, pois a disponibilidade de mão de obra continua sendo fundamental para o êxito da atividade.

Na região de Araçatuba, Estado de São Paulo, a demanda por pessoal treinado na atividade leiteira compete no mercado de trabalho com as demandas da heveicultura, citricultura, agroindústria canavieira e, recentemente, da construção civil, o que tende a aumentar os custos de produção.

O manejo do plantel e as técnicas modernas, como pastejo de ponta, irrigação em rede e rotação dos pastos, vêm sendo utilizados para reduzir as influências climáticas sobre a sazonalidade da produção de leite, que causam variações nos preços de rações e outros insumos.

As análises convencionais de desempenho supõem a possibilidade de crescimento na oferta de insumos e demanda de mercado, com abundância e gratuidade de recursos naturais. Portanto, induzem a tomada de decisões que tornam as unidades produtivas, atualmente vulneráveis às mudanças econômicas, mais fragilizadas ainda quando acrescidos os impactos ambientais.

Considerando a unidade produtiva como um

sistema estruturado em bases dos estoques de cinco capitais (Físico, Financeiro, Humano, Social e Natural) e interligado ao sistema global, pode-se supor, pelos princípios ecossistêmicos apresentados por Odum (1996), que ela é um sistema que se auto-organiza, exaurindo e repondo continuamente seus estoques de capitais naturais e antrópicos sujeitos aos fluxos de energia de fontes renováveis e limitação dos fluxos de energia não renováveis.

Nesse cenário de pressão ambiental, de diminuição da margem de lucro e de baixa oferta da mão de obra qualificada, surge o problema, expresso na questão: qual é a sustentabilidade da produção de leite?

Por hipótese, a sustentabilidade da produção de leite depende das interações complexas entre os cinco capitais em busca da eficiência econômica com menores custos, da inclusão social com oferta de emprego e geração de renda e da preservação e conservação dos recursos naturais.

O objetivo geral do trabalho é avaliar a sustentabilidade da produção de leite, considerando ciclos anuais de produção a fim de auxiliar a tomada de decisões, em particular as relacionadas com a inovação tecnológica.

Para avaliar essa sustentabilidade, integrou-se, de modo original e com enfoque sistêmico, o método de Diagnóstico dos Cinco Capitais, usado para estabelecer estratégias empreendedoras no meio rural (ALVES; AMBRÓSIO, 2005), e a metodologia de Análise Emergética desenvolvida por Odum (1996), a qual quantifica as contribuições dos recursos naturais aos processos de produção pela elaboração de índices relativos que avaliam a sustentabilidade dos sistemas de produção. Para tanto, estudou-se o caso de uma fazenda localizada na Região de Araçatuba, Estado de São Paulo, Brasil.

## 2 - METODOLOGIA

O paradigma tecnológico denominado de Revolução Verde fez com que a agricultura se tornasse viável sob o aspecto da quantidade produzida, mas

causou enormes impactos na natureza. De acordo com avaliação de Ferraz (2003), a Revolução Verde, por meio do modelo industrial produtivista de apropriação da natureza, acelerou de forma alarmante a degradação ambiental e social no espaço rural.

O espaço rural, onde natureza, animais e plantas compõem o meio ambiente, é regido pelo ser humano com a finalidade de tirar dele seu sustento e ganhos econômicos. Essa intervenção, ao longo dos anos, causou modificações na estrutura da paisagem e uma distribuição de renda nem sempre equânime e justa, contrariando o conceito de sustentabilidade apresentado por Khatounian (2001), de que a sustentabilidade deve ser entendida como o equilíbrio dinâmico entre três ordens de fatores: econômicos, sociais e ambientais.

A aplicação desse conceito de sustentabilidade como base para as decisões relacionadas com a adoção de inovações tecnológicas em unidades de produção agropecuárias, em particular, de produção de leite, é viabilizada com a abordagem sistêmica pela integração do método de Diagnóstico dos Cinco Capitais com a metodologia da Análise Emergética.

Um sistema de produção é considerado sustentável se for capaz de alcançar o sucesso proposto na constituição do negócio em base da utilização dos cinco capitais. Assim, o planejamento de negócios agropecuários deve se iniciar com a realização do diagnóstico da situação atual da empresa em termos de estoques dos capitais: Financeiro, Físico, Natural, Humano e Social.

Uma metodologia para este diagnóstico, proposta por Alves e Ambrósio (2005), envolve investigação, coleta, registro, ordenação e análise de dados e informações. A alocação dos cinco capitais para a execução de atividades produtivas tem sido usada como indicadora da sustentabilidade em propriedades agropecuárias (CARNEY, 1998; SCOONES, 1998; HOWLETT et al., 2000; WOODHOUSE; HOWLETT; RIGBY, 2000).

No diagnóstico dos cinco capitais, os procedimentos de coleta e registro de dados são realizados rotineiramente para escrituração e controle operacional e contábil nas unidades produtivas, facilitando a implantação do método. Este método reco-

menda que os dados sejam analisados por atividade, identificando os pontos fortes e fracos na formação dos estoques de capitais. Com base nessas informações quantitativas e qualitativas, para fins de comparações, os capitais são avaliados atribuindo-se nota na escala de 0 a 10 para o grau do estado dos seus estoques na unidade produtiva, conforme a percepção do proprietário, sendo que a nota 10 representa o potencial do capital a ser desenvolvido. Os resultados são plotados em figura tipo radar.

O estoque de Capital Social é formado pelas relações e vínculos que se estabelecem entre as pessoas. Para uma pessoa do meio rural, a comunidade é formada pelos vizinhos, colegas de trabalho, colegas de escola, colegas de clubes, membros de igreja, partidos políticos, sindicatos, associações de produtores, cooperativas, etc. Quanto mais uma pessoa interage com a família e com a comunidade, maior é o seu Capital Social e, conseqüentemente, maior é o comprometimento com as organizações, comunidades e sociedade. Nesta interação, tanto o indivíduo como a comunidade adquirem mais confiança recíproca, a qual é fundamental para seus envolvimento em projetos de interesse da comunidade, da organização pública ou das outras unidades sociais e para que apoiem os projetos individuais.

As pessoas envolvidas em um negócio garantem os recursos humanos para as atividades das organizações, públicas ou privadas. A qualidade e a quantidade de recursos humanos formam o estoque de Capital Humano, o qual incorpora as competências nas organizações. Estas competências dizem respeito à atitude, habilidade, idoneidade, capacidade física e intelectual e disposição para o bom desempenho. O Capital Humano se desenvolve com o treinamento, a educação e a experiência. Ele é importante na adoção de tecnologias avançadas e sustentáveis, as quais exigem flexibilidade e capacidade de inovação das pessoas.

O Capital Natural é formado pelos elementos da natureza, localizados na biosfera, que estão disponíveis na unidade produtiva, tais como: solos, água, flora, fauna e ar. Este capital é muito sensível às ações humanas e se degrada com facilidade, o que justifica o

conceito de sustentabilidade, que implica o uso dos recursos naturais sem promover sua degradação. As empresas agropecuárias dependem diretamente da quantidade e da qualidade dos recursos naturais para a escolha das atividades em termos de culturas anuais, pastagens, culturas permanentes, florestas e áreas para preservação da flora e fauna.

O estoque do Capital Físico é composto pela infraestrutura básica da unidade produtiva: benfeitorias, máquinas, veículos, equipamentos, materiais e utensílios, rede elétrica, animais de reprodução e de trabalho e culturas permanentes. O estoque de Capital Físico é demonstrado por intermédio de um inventário que contém: descrição do item (tipo, modelo), quantidade do item e a respectiva unidade, data de aquisição, vida útil restante, estado de conservação e valor atual.

A característica básica do Capital Financeiro é sua possibilidade de ser transformado em dinheiro com rapidez. Seus estoques se encontram, por exemplo, na forma de produtos e insumos estocados, dinheiro em caixa, depósitos e aplicações financeiras. Os valores dos estoques de capitais financeiros encontrados no diagnóstico são usados na análise financeira e na análise dos fluxos emergéticos, como retroalimentação da economia.

Neste trabalho, os estoques de capitais são analisados em função dos fluxos de energia a eles associados.

A metodologia emergética é usada para avaliar quantitativamente as contribuições dos recursos naturais aos processos de produção agropecuários pelos índices relativos de sustentabilidade, oferecendo subsídios para gestão de unidades produtivas da agropecuária com a adoção de técnicas que minimizem o impacto antrópico causado pelas atividades exploradas (COMAR, 1998; ALBUQUERQUE, 2006).

Essa é uma metodologia relativamente nova, desenvolvida por Odum (1996), que define a energia como a energia disponível de um mesmo tipo (por exemplo, energia solar equivalente) da que foi previamente requerida, em forma direta ou indireta, para produzir certo produto ou serviço.

Para não confundir a energia que existe em

um produto (medida na unidade joules) com a que é incorporada para fazê-lo (*embodied*), as unidades de energia são denominadas solar emjoules (sej).

A energia é uma medida da riqueza real, pois a energia suporta o trabalho real e a riqueza real em qualquer sistema biofísico em que esteja incluído o sistema econômico. Como explica Odum (1996), o dinheiro só paga os trabalhos das pessoas e nunca o trabalho da natureza. Assim, o dinheiro e os valores de mercado não podem ser usados para valorar a riqueza real da natureza. Quando os recursos da natureza são abundantes, requer-se pouco trabalho da economia. Por isso, no contexto da economia, o trabalho da natureza é considerado como gratuito.

A aplicação da metodologia emergética implica uma visão sistêmica, requerendo, primeiramente, a identificação dos componentes e limites do sistema associados ao problema estudado e os respectivos fluxos de entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*). Em termos da Teoria de Sistemas, as energias são os *inputs*, e os produtos ou serviços são os *outputs* de um sistema.

Para isso, constrói-se um modelo conceitual representado por um diagrama que utiliza os símbolos da linguagem de sistemas de energia (*energese*) para mostrar as relações sistêmicas entre os seus componentes e os fluxos de massa, energia e dinheiro.

No passo seguinte, constrói-se a tabela de avaliação de energia colocando-se as quantidades de materiais ou serviços de cada fluxo numa linha de cálculo da tabela de avaliação de energia.

Por último, estimam-se os indicadores emergéticos, abaixo definidos, conforme Odum (1996):

a) Transformidade ( $Tr = Y/Ep$ , sej/J, sej/kg ou sej/US\$)

A Transformidade é a energia solar requerida para obter a energia de uma unidade de serviço ou produto expressa em joules, quilogramas ou dólares americanos. É calculada como a relação ( $Y/Ep$ ) entre a energia total incorporada ( $Y$ , expressa na unidade sej, solar emjoule) e a energia produzida ( $Ep$ , expressa em J, joule). A Transformidade é uma medida da

eficiência do sistema de produção, quanto menor o seu valor, mais eficiente é o uso da energia, quando se comparam sistemas com processos equivalentes.

b) Taxa de Produção de Energia Líquida ( $EYR = Y/F$ )

O índice  $EYR$  indica quanto de energia da natureza foi incorporada na produção de um bem ou serviço. O menor valor da taxa de produção de energia líquida ( $EYR$ ) ocorre quando os insumos da natureza são nulos ( $R+N = 0$ , resultando em  $Y = F$  e  $EYR = F/F = 1$ ). A diferença acima do valor mínimo (unidade) mede a contribuição “gratuita” do ambiente para a produção.

c) Razão Não Renovável/Renovável ( $N/R$ )

Quanto menor for a relação de energia Não Renovável/Renovável ( $N/R$ ) de um sistema, menor será o seu efeito de degradação sobre o ambiente.

d) Taxa de Investimento de Energia ( $EIR = F/I$ )

A Taxa de Investimento de Energia ( $EIR$ ) mede o investimento da sociedade para produzir um determinado bem ou serviço em relação ao investimento da natureza. A  $EIR$  é uma medida da eficiência do sistema de investimento, fornecendo uma visão clara da diferença entre os sistemas em relação ao investimento necessário para a produção. Um baixo valor da  $EIR$ , menor que zero, indica que o ambiente ( $I$ ) tem uma contribuição relativamente maior para a produção do que os recursos da economia ( $F$ , materiais e serviços), portanto, é mais competitivo em termos de custos econômicos.

e) Taxa de Carga Ambiental ( $ELR = (N + F)/R$ )

A Carga Ambiental ( $ELR$ ), calculada pela relação  $[(N+F)/R]$ , é um indicador da degradação ambiental provocada pelo sistema, assim, quanto maior for a  $ELR$  maior será a degradação ambiental.

f) Renovabilidade ( $\%R = (R/Y)*100$ )

O índice de Renovabilidade ( $\%R$ ) mede a sustentabilidade dos sistemas, porque representa a proporção do uso da energia de todos os recursos naturais renováveis em relação à energia contida no produto. No longo prazo, somente os processos com  $\%R$  altos são ambientalmente sustentáveis.

g) Taxa de Intercâmbio Emergético ( $EER = Y/[(\$)x (se)/(\$)]$ )

Devido às pessoas não pensarem os valores dos bens e serviços em unidades de energia, utiliza-se uma unidade econômica equivalente, denominada em dólar (*emdollar*). O  $EER$  é obtido pela razão energia/moeda, em que a energia contabiliza todas as fontes energéticas usadas no país, em determinado ano, e moeda é o valor monetário do produto nacional bruto (PNB) expresso em dólares na taxa média anual.

Essa metodologia foi aplicada usando dados coletados durante seis ciclos anuais de produção de uma unidade produtiva, aqui denominada de fazenda, da região de Araçatuba, Estado de São Paulo.

### 3 - RESULTADOS

#### 3.1 - Diagnóstico dos Cinco Capitais da Fazenda

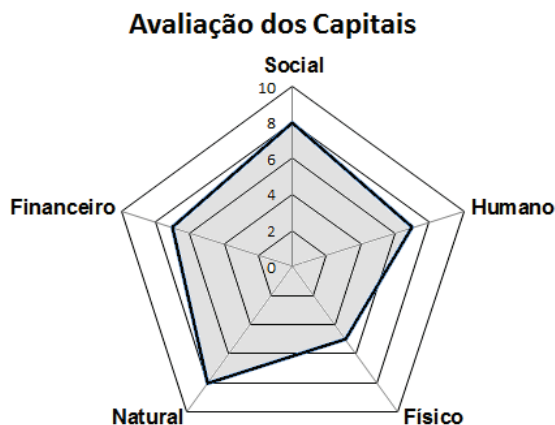
Um resumo dos resultados obtidos com a aplicação da metodologia de Diagnóstico dos Cinco Capitais (Quadro 1) mostra a avaliação qualitativa dos capitais da fazenda, com ênfase nos pontos fortes e fracos.

Para visualizar os diagnósticos dos capitais, construiu-se o diagrama da figura 1, tendo-se como base as notas atribuídas pelo proprietário conforme sua percepção do grau do estado dos capitais na sua propriedade. A pegada central (cor cinza) representa o estágio atual dos capitais. A área do pentágono (cor branca) representa o potencial dos capitais a ser desenvolvido.

**Quadro 1** - Pontos Fortes e Fracos dos Estoques de Capital da Fazenda, Região de Araçatuba, Estado de São Paulo

Capital	Pontos fortes	Pontos fracos
Capital Social	Comunidade independente, mas que se conversa. Liberdade para trabalhar; quase todos trabalham. Não há conflitos. Família comprometida com a atividade.	Distância entre as propriedades dificulta relacionamento mais estreito.
Capital Humano	As funções dos trabalhadores estão bem definidas. A escolaridade é boa e os salários adequados. Em geral, as qualidades pessoais são positivas.	Há pouco treinamento, poucas pessoas para executar muito serviço e desgaste físico.
Capital Físico	Propriedade bem equipada, com maquinários de vida útil média que atendem às necessidades.	Faltam edificações para atender na plenitude às necessidades.
Capital Natural	Boa fertilidade do solo, relevo adequado às culturas existentes, vegetação nativa em fase de recuperação, pluviometria bem distribuída ao longo do ano e aguadas de boa qualidade, com duas nascentes na propriedade.	Parte da propriedade com declives mais acentuados. Algumas áreas de pastagens apresentam plantas invasoras de difícil controle.
Capital Financeiro	Rebanho produtivo em processo de melhoramento e estabilidade da renda da produção de leite.	Pequena margem de lucro do leite.

Fonte: Dados da pesquisa.

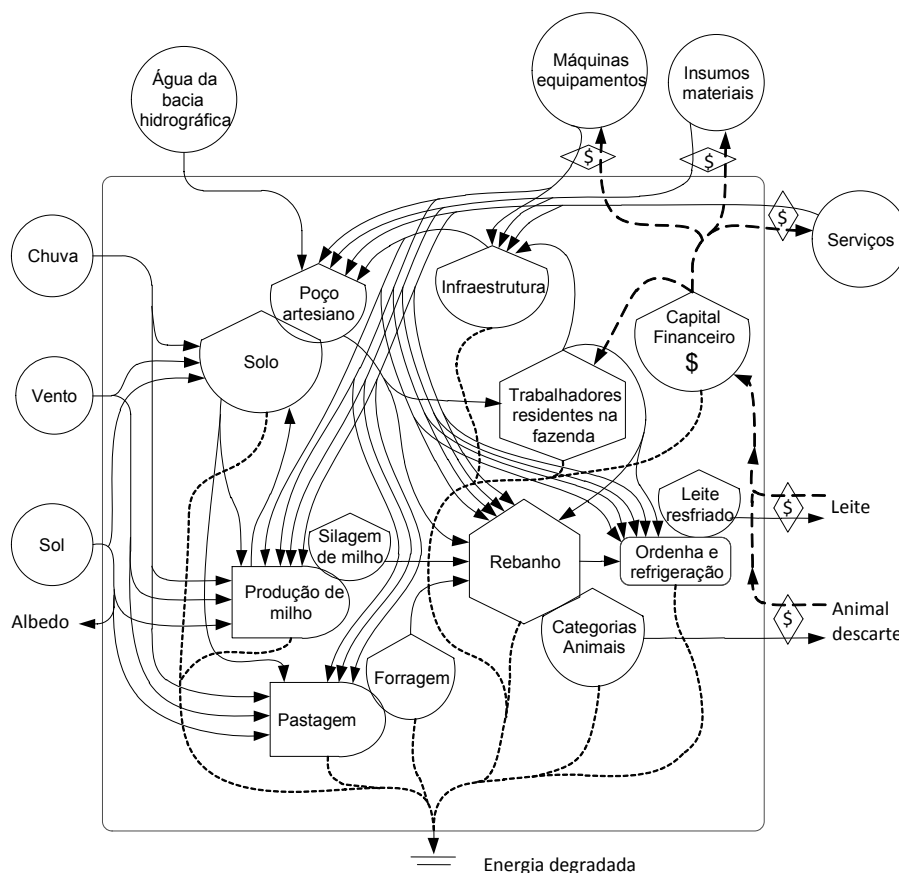
**Figura 1** - Diagnóstico dos Cinco Capitais na Fazenda, Conforme Percepção do Produtor, Região de Araçatuba, Estado de São Paulo.

Fonte: Dados da pesquisa.

A pegada (polígono cinza) dos capitais mostra que, relativamente, os Capitais Natural e Social apresentam maior desenvolvimento, com 80% de seu potencial, e o Capital Físico apresenta o menor desenvolvimento, com 50% de seu potencial, em razão do sucateamento dos equipamentos e de parte das benfeitorias, conforme a percepção do produtor. Os Capitais Humano e Financeiro ocupam posição intermediária, com 70% de seus potenciais.

### 3.2 - Resultado da Análise Emergética da Fazenda

Na figura 2, são apresentadas as fontes e os principais fluxos de energia do sistema de produção de leite da fazenda. O diagrama do sistema de produção tem como principais componentes as fontes externas de energia da natureza e da economia, o estoque de solo, a produção primária de forragem e silagem, o rebanho consumidor e o subsistema de



**Figura 2** - Diagrama Sistêmico de Fluxos de Energia da Fazenda, Região de Araçatuba, Estado de São Paulo.  
Fonte: Dados da pesquisa.

ordenha e resfriamento de leite e tem como produtos o leite e os animais vendidos. Mostra também os fluxos monetários de receita de vendas de animais, de leite e de pagamento pelos serviços e materiais da economia que contribuem para formar o estoque de Capital Financeiro.

O diagrama do sistema de produção de leite da fazenda foi desenhado conforme a percepção do produtor dos fatores endógenos e exógenos que influenciam na produção. Visualmente, no centro do desenho destacam-se os fluxos de materiais e serviços da economia para as atividades de pastagem, silagem, manejo do rebanho, ordenha e resfriamento do leite. O diagrama inclui, no sistema de alimentação do rebanho, o pasto e a silagem de milho produzida na propriedade, a compra de concentrados energéticos e proteicos e sais minerais.

Na fazenda, a mão de obra para a atividade

leiteira é contratada e o proprietário dirige a execução dos serviços, mas eles são diretamente executados por pessoas remuneradas que residem no local. Observa-se na literatura (COMAR; ORTEGA, 1996; COMAR, 1998; WADA; ORTEGA, 2003; FERNANDES; MÜLLER; CARVALHO, 2006; ALBUQUERQUE, 2006; RÓTOLO; CHARLÓN; FRANZESE, 2010) que não há padronização na contabilização da energia da mão de obra, isto ocorre devido aos objetivos de cada estudo. Nesta análise da produção de leite foram considerados os fluxos de energia do trabalhador residente na propriedade e a administrativa, do proprietário e dos serviços técnicos de manutenção externos.

A tabela de avaliação emergética, em escala anual por hectare (Tabela 1), foi construída com a média ponderada de dados mensais reais de registros contábeis e operacionais zootécnicos no período de seis anos agrícolas (o ano agrícola inicia-se em

**Tabela 1 - Cálculo Emergético da Bovinocultura Leiteira da Fazenda, Região de Araçatuba, Estado de São Paulo, Média de 2005 a 2011<sup>1</sup>**

Nota	Item	U.	U.ha <sup>-1</sup> . ano <sup>-1</sup>	Transformidade sej.U. <sup>-1</sup> 2	F. Emergia E+13	%	Emdólar, Em\$.ha <sup>-1</sup> .ano <sup>-1</sup>
<b>Recurso renovável (R)</b>						<b>14,69</b>	<b>506,21</b>
1	Sol	J	5,11E+13	1,00	5,11	0,28	9,47
2	Vento	J	5,68E+08	2,45E+03	0,14	0,01	0,26
3	Chuva	J	8,41E+10	3,10E+04	260,76	14,01	482,89
4	Água de poço semiartesiano	J	9,11E+09	1,76E+05	7,34	0,39	13,59
<b>Estoque não renovável (N)</b>						<b>0,35</b>	<b>12,13</b>
5	Perda de solo	J	5,28E+08	1,24E+05	6,55	0,35	12,13
<b>Insumo material (M)</b>						<b>78,11</b>	<b>2692,03</b>
6	Concentrados proteicos	kg	7,25E+02	3,26E+12	236,47	12,71	437,90
7	Concentrados energéticos	kg	2,24E+03	2,08E+12	465,84	25,03	862,66
8	Sal mineral e promotores	kg	2,43E-01	2,00E+12	0,19	0,01	0,36
9	Calcário	kg	6,72E+01	1,00E+12	6,72	0,36	12,45
10	Nitrogênio	kg	63,4	6,38E+12	40,42	2,17	74,86
11	Fósforo	kg	19,9	6,55E+12	13,06	0,70	24,19
12	Potássio	kg	5,0	2,92E+12	1,46	0,08	2,70
13	Controle de pragas	kg	1,83	2,49E+13	4,57	0,25	8,45
14	Mudas de eucalipto	N.	75,0	1,71E+11	1,28	0,07	2,38
15	Sêmen	US\$	23,5	5,40E+12	12,70	0,68	23,51
16	Nitrogênio líquido	US\$	7,69	5,40E+12	4,15	0,22	7,69
17	Medicamento curativo	US\$	68,7	5,40E+12	37,09	1,99	68,68
18	Medicamento preventivo	US\$	66,4	5,40E+12	35,83	1,93	66,35
19	Exames sanitários	US\$	11,0	5,40E+12	5,95	0,32	11,02
20	Material para limpeza	kg	22,44	6,38E+12	14,32	0,77	26,52
21	Combustível diesel	J	1,81E+09	9,21E+04	16,69	0,90	30,91
22	Ferramentas e utensílios	US\$	23,6	5,40E+12	12,72	0,68	23,56
23	Manutenção de máquinas	US\$	55,2	5,40E+12	29,82	1,60	55,22
24	Manutenção de instalações	US\$	64,5	5,40E+12	34,83	1,87	64,50
25	Energia elétrica	J	1,97E+09	2,52E+05	49,72	2,67	92,07
26	Fretes do leite	US\$	14,7	5,40E+12	7,95	0,43	14,72
27	Telefone	US\$	8,30	5,40E+12	4,48	0,24	8,30
28	Milho para silagem	US\$	156,0	5,40E+12	84,33	4,53	156,17
29	Animais	US\$	239,0	5,40E+12	129,10	6,94	239,08
30	Deprec. máquina e equipamento	US\$	365,0	5,40E+12	197,24	10,60	365,26
31	Outros bens da economia	US\$	12,5	5,40E+12	6,75	0,36	12,50
<b>Serviço e mão de obra (S)</b>						<b>6,85</b>	<b>236,09</b>
32	Mão de obra permanente	J	3,47E+08	1,20E+06	41,60	2,24	77,03
33	Mão de obra temporária	J	9,51E+06	4,00E+05	0,38	0,02	0,70
34	Administração superior	J	2,82E+07	8,00E+06	22,55	1,21	41,76
35	Téc. man. de máquinas	US\$	36,81	5,40E+12	19,88	1,07	36,81
36	Veterinário	J	4,36E+05	8,00E+06	0,35	0,02	0,65
37	Assistência técnica	J	1,45E+05	8,00E+06	0,12	0,01	0,21
38	Escritório e contabilidade	US\$	9,94	5,40E+12	5,37	0,29	9,94
39	Seguros	US\$	1,75	5,40E+12	0,94	0,05	1,75
40	Taxa, imposto e FUNRURAL	US\$	67,24	5,40E+12	36,31	1,95	67,24

<sup>1</sup>A memória de cálculos dos fluxos de energia, massa e monetários encontram-se no anexo 1 "Memória de cálculo".

<sup>2</sup>Referências das fontes de valores das transformidades - *baseline* para o *solar empower* é de 15,83E+24 sej/ano (ODUM, 2000) - encontram-se no anexo 1 "Memória do cálculo".

Fonte: Dados da pesquisa.



agosto e termina em julho). Por outro lado, em geral, nos estudos emergéticos da produção de leite (COMAR; ORTEGA, 1996; COMAR, 1998; WADA; ORTEGA, 2003; FERNANDES; MÜLLER; CARVALHO, 2006; ALBUQUERQUE, 2006; RÓTOLO; CHARLÓN; FRANZESE, 2010) os dados são obtidos em entrevistas com os produtores, com isso as informações fornecidas perdem a exatidão nas quantidades utilizadas.

A quantidade de produto da bovinocultura leiteira da fazenda, média anual do período de 2005 a 2011, em termos de energia produzida (joules) e receita em em dólar, é apresentada na tabela 2.

**Tabela 2** - Produto Médio Anual da Fazenda, em Termos de Energia e Emdólar, Região de Araçatuba, Estado de São Paulo, 2005 a 2011

Produto	Unidade	Quantidade
Energia do leite Ep	J	3,51E+10
Energia dos animais Ep	J	4,45E+09
Receitas em dólar	Em\$	1,63E+16

Fonte: Dados da pesquisa.

#### 4 - DISCUSSÃO

A elaboração do diagrama do sistema de produção da unidade com a participação do produtor resultou em maior entendimento das relações entre os estoques de capitais e os fatores exógenos e contribuiu para a visualização sistêmica dessa participação dando ênfase às interações entre os componentes e à presença de retroalimentações (*feedbacks*). A visão do produtor que afirmava que na “produção de leite tudo depende do dinheiro” foi alterada, pois sua participação na elaboração do diagrama permitiu verificar que os componentes dos sistemas e suas interações são fundamentais para entender e avaliar os impactos da produção.

O fluxo emergético (Tabela 1) do sistema de produção de leite da fazenda mostra alta dependência de recursos da economia, principalmente dos dois itens de rações concentradas, que representam 37,74% do fluxo total de energia do sistema. Tam-

bém se destaca a alta porcentagem do fluxo emergético devido à depreciação de máquinas e equipamentos (10,60%), que representam o uso do Capital Físico da fazenda.

Na fazenda, a soma do fluxo dos Recursos Naturais Renováveis (R) representa 14,68% (Tabela 2) do total, considerando-se a energia do sol, da chuva, do vento e da água do poço semiartesiano. Na literatura (Tabela 3), esta porcentagem em sistemas de produção de leite varia de 3,25% a 46,5%.

A perda de solos é a fonte de energia consumida nos processos produtivos agropecuários, classificada como Recurso Natural Não Renovável (N), que provoca grande impacto ambiental no sistema. Em quase todos os trabalhos de análise emergética este item é contabilizado, seguindo a metodologia de Odum (1996). No entanto, os valores relativos de N são pequenos. Nesta unidade produtiva o fluxo emergético de N, considerando exclusivamente a perda de solo, é de  $6,55E+13$  sej.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, que corresponde a 0,35% dos fluxos totais de energia. Na literatura (Tabela 3), esta porcentagem para sistemas de produção de leite está entre 1,03% e 8,9% e, em termos absolutos, entre  $3,27E+15$  sej.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e  $7,66E+17$  sej.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. O valor absoluto de N é muito menor do que os da literatura, devido à adoção de práticas conservacionistas, conforme mostrou o diagnóstico do Capital Natural na fazenda.

A entrada de materiais (*inputs*) no sistema vindos de fontes externas denomina-se materiais (M). Neste grupo, alocam-se o maior e mais diversificado número de itens, dependendo muito da forma com que os dados são obtidos. Quanto maior for a possibilidade de fracionar e realizar com exatidão os registros, melhor será a qualidade da informação para a gestão. O fluxo de energia (M) no seu sistema produtivo corresponde a 78,11% do fluxo total. Isto mostra a grande dependência de insumos vindos de fora do sistema produtivo e penaliza os índices de sustentabilidade derivados desta variável. A maior contribuição para o alto valor de M são os concentrados energéticos, com 12,70%, e proteicos, com 25,03%, utilizados na alimentação dos bovinos. Na literatura (Tabela 3), o percentual de bens provenien-

**Tabela 3** - Fluxos Agregados de Emergia e Índices Emergéticos dos Ciclos Anuais da Bovinocultura Leiteira da Fazenda, Região de Araçatuba, Estado de São Paulo, Média do Período de 2005 a 2011

Fluxo agregado	Unidade	Fazenda		Valores da literatura <sup>1</sup> (%)	
		Emergia	%	Mínimo	Máximo
R	sej•ha <sup>-1</sup> •ano <sup>-1</sup>	2,73E+15	14,68	3,25	46,50
N	sej•ha <sup>-1</sup> •ano <sup>-1</sup>	6,41E+13	0,352	1,03	8,90
M	sej•ha <sup>-1</sup> •ano <sup>-1</sup>	1,45E+16	78,11	22,90	67,62
S	sej•ha <sup>-1</sup> •ano <sup>-1</sup>	1,27E+15	6,85	2,44	70,46
Y	sej•ha <sup>-1</sup> •ano <sup>-1</sup>	1,86E+16	-	-	-
<b>Índice emergético</b>					
EYR	adimensional		1,18	1,05	2,67
ELR	adimensional		5,90	0,95	25,3
EIR	adimensional		5,73	0,60	18,92
%R	%		14,83	3,25	46,5
N/R	adimensional		5,80	0,16	56,22
ESI	adimensional		0,20	0,042	1,66
EER	adimensional		1,17	-	-
Tr	sej•J <sup>-1</sup>		4,74E+05	2,49E+05	6,48E+06

<sup>1</sup>Ver Albuquerque (2006), Comar e Ortega (1996), Comar (1998), Fernandes, Müller e Carvalho (2006), Rótolo, Charlón e Franzese (2010), Wada e Ortega (2003).

Fonte: Dados da pesquisa.

tes da economia (M) nos sistemas de produção de leite, varia de 22,90% a 67,62%.

O fluxo de emergia da mão de obra e serviços (S) representa 6,85% do total dos fluxos emergéticos. Os trabalhos da literatura de sistemas de produção de leite apresentam percentual entre 2,44% e 70,46%.

Os índices emergéticos indicam baixa sustentabilidade do sistema de produção de leite, em grande parte devido às aquisições de insumos com origem de fora da propriedade, as quais têm sido cada vez mais intensas.

O aprimoramento e especialização da raça holandesa do rebanho do sistema produtivo têm elevado a necessidade de uma alimentação compatível com o nível produtivo dos animais. O aumento de aquisição externa mantém os animais nutridos, garantindo o nível produtivo satisfatório, no entanto, impacta negativamente a contabilidade emergética e econômica.

A intensificação das áreas produtivas, com a rotação de pastagens irrigadas em 20.000 m<sup>2</sup>, gera

um aproveitamento intenso das forragens ali produzidas. Os melhores animais se beneficiam de um capim de melhor qualidade, diminuindo a quantidade necessária de suplementos energéticos e proteicos em sua dieta.

Percebe-se aumento na eficiência no uso da área, no entanto, o impacto do uso de elementos externos é sentido, pois há acréscimos no consumo de energia elétrica devido à irrigação, na adubação nitrogenada, e necessidade de maior uso de fósforo e micronutrientes para deixar as forrageiras nutricionalmente equilibradas. A manutenção da fertilidade do solo, tida como um dos pontos fortes no estoque de Capital Natural da fazenda, necessita de suplementos minerais. Em todos os sistemas agropecuários, inclusive nos que se dispõe da reciclagem de seus nutrientes, a complementariedade do que foi extraído dos pastos se faz necessária para manter a fertilidade do solo.

A baixa sustentabilidade indicada pelos índices emergéticos motivou a busca por soluções mais sustentáveis, dentre elas:

- a) O consórcio de capim com leguminosas, garantindo a incorporação do nitrogênio que a natureza oferece de forma gratuita, do ponto de vista econômico.
- b) Utilização de plantas como banco de proteínas, minimizando o uso de concentrados proteicos na dieta total dos animais.
- c) O uso de esterco dos animais, que é produzido principalmente em torno dos cochos de arração no período da seca e que é facilmente amontoado com trator e lâmina. A utilização do esterco úmido implica um manejo um pouco mais intenso, pois seu recolhimento e distribuição envolvem equipamentos e instalações mais complexas, que esta unidade produtiva ainda não possui.
- d) O plantio de eucalipto no pasto proporciona sombreamento que melhora o bem-estar dos animais. Pequenos bosques e renques de eucalipto foram plantados desde 2005 nos 30 hectares usados para a pecuária de leite, representando 0,07% do fluxo total anual de energia. O eucalipto, além de proporcionar sombra para os animais, também faz a ciclagem de nutrientes de solo aumentando a fertilidade do solo ao redor de suas copas e produzindo mais forragem, com melhor recuperação do pasto no período pós-seca. A análise emergética contribui para validar o uso desta prática de enriquecimento ambiental.
- e) Outra opção de mudança é sobre a produção de milho grão para consumo como energético, dentro da unidade. Para isso, pequenas alterações de ordem gerencial podem ser implantadas, uma vez que, por muitos anos, o plantio de milho para silagem foi realizado e a propriedade conta com parte dos equipamentos necessários em seu inventário (Capital Físico), necessitando apenas de poucos serviços do mercado. Com isto, será diminuída a alta dependência de concentrados, melhorando os índices de sustentabilidade emergética.

O sistema de produção de leite da fazenda tem passado por várias mudanças ao longo dos

anos em busca de equilíbrio financeiro, devido às dificuldades periódicas do setor de laticínios.

Agora, os resultados das análises dos estoques de capitais e emergética fornecem justificativas para uma mudança estrutural no sistema, apontando para a adoção do Sistema de Integração Lavoura-Pecuária. Dentre os benefícios diretos esperados tem-se a possibilidade do plantio de árvores para a produção de madeira, ou outras espécies para a produção de frutas ou essências, e a vantagem da sombra e seus benefícios viriam com pouco ônus para sua implantação, promovendo um melhor proveito dos fluxos de energia agregados ao sistema.

## 5 - CONCLUSÃO

A hipótese de sustentabilidade da atividade leiteira depender das interações complexas entre os Cinco Capitais é comprovada pelos resultados obtidos, como seguem:

- a) A Transformidade ( $Tr$ ) indicou que a energia solar requerida para obter a energia de uma unidade de produto foi de  $4,74E+05$   $sej.J^{-1}$ , média de seis anos, considerando a unidade de produto como sendo a soma das energias produzidas do leite e da carne dos animais vendidos, valor baixo em relação à literatura, devido à soma das energias do leite e da carne;
- b) A Razão de Produção Emergética calculada ( $EYR$  média igual a 1,18) mostra que a quantidade de energia da natureza (renováveis e não renováveis) incorporada na produção (leite e animais) é praticamente nula quando comparada com a energia total usada, portanto, é baixa a contribuição "gratuita" da natureza;
- c) A Razão de Investimento de Energia ( $EIR$  médio 5,73) mostra um alto investimento da sociedade para se produzir leite nesse sistema;
- d) A Razão da Carga Ambiental ( $ELR$  médio 5,9) mostra alta degradação ambiental (estresse);
- e) A Razão Não Renovável/Renovável ( $N/R$  mé-

- dia de 5,8) indica que as práticas de conservação do solo têm permitido ganho neste índice;
- f) O Índice de Renovabilidade (%R médio igual a 14,83%) mostra baixa sustentabilidade do sistema face à baixa proporção do uso da energia de recursos naturais renováveis em relação a energia contida no produto; e
- g) O Índice de Sustentabilidade (*ESI* médio de 0,20) com valor próximo de zero indica uma baixa contribuição potencial de um sistema (*EYR*) por unidade de carga ambiental (*ELR*) imposto à área ocupada.

A Energia Total (*Y*) usada por hectare/ano (*Y* médio de  $1,86E+16$  sej.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>) encontra-se na mesma ordem de grandeza observada na literatura relativa a sistemas produtores de leite (COMAR; ORTEGA, 1996; COMAR, 1998; WADA; ORTEGA, 2003; FERNANDES; MÜLLER; CARVALHO, 2006; RÓTOLO; CHARLÓN; FRANZESE, 2010).

Conclui-se pela necessidade de mudanças na condução dos sistemas produtivos, com o objetivo de melhorar os atuais índices emergéticos, adotando, por exemplo, métodos orgânicos de produção, sistemas agroecológicos, implantação de integração da lavoura com a pecuária ou adoção de sistema de silvicultura para melhorar os indicadores de sustentabilidade.

Conclui-se também que a integração dos métodos de Diagnóstico dos Cinco Capitais e de Análise Emergética possibilita determinar o grau de sustentabilidade de sistemas de produção de leite em Unidades de Produção Agropecuárias e auxiliar na sua gestão.

## LITERATURA CITADA

- ALBUQUERQUE, T. C. **Avaliação emergética de propriedades agrosilvipastoris do Brasil e da Colômbia**. 2006. 195 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- ALVES, E.; AMBRÓSIO, L. A. Descrição dos capitais e rentabilidade da empresa. In: PERES, F. C. et al. (Orgs.). **O programa empresário rural**. São Paulo: SENAR/SP, 2005. cap. 2, p. 31-58.
- BANCO CENTRAL DO BRASIL - BCB. **Taxas de câmbio**. Brasília: BCB. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpsq.asp?id=txcotacao>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- BASTIANONI, S. et al. The solar transformity of oil and petroleum natural gas. **Ecological Modelling**, Issue 186, pp. 212-220, 2005.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355 p.
- BRANDT-WILLIAMS, S. L. Handbook of emergy evaluation: a compendium of data for emergy computation Issued in a Series of Folios. **Center for Environmental Policy**, Gainesville, Aug. 2002. 40 p. Disponível em: <<http://www.ees.ufl.edu/cep/>>. Acesso em: 22 mar. 2006.
- BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. **Encyclopedia of Energy**, Boston, Vol. 2, pp. 329-354, 2004.
- CARNEY, D. (Ed.). **Sustainable rural livelihoods: what contribution can we make?** London: Department for International Development Natural Resources Advisers' Conference, 1998. 213 pp.
- CAVALETTI, O. **Análise emergética da piscicultura integrada à criação de suínos e de pesque-pagues**. 2004. 140 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- COMAR, M. V. **Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais no Alto Rio Pardo: a busca do desenvolvimento sustentável**. 1998. 209 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- \_\_\_\_\_.; ORTEGA, E. Avaliação emergética da produção de leite de uma fazenda típica no município de Botucatu. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECOLOGIA, 3., 1996, Brasília. **Anais...** Brasília: UnB, 1996.
- FERNANDES, E. N.; MÜLLER, M. D.; CARVALHO, G. R. **Índices emergéticos para avaliação da sustentabilidade sistemas de produção de leite**. São Paulo: Instituto Agrícola/FNP, 2006. Disponível em: <[http://guernsey.cnpq.embrapa.br/sites/default/files/indices\\_emergeticos\\_para\\_avaliacao\\_da\\_sustentabilidade\\_sistemas\\_de\\_producao\\_de\\_leite.pdf](http://guernsey.cnpq.embrapa.br/sites/default/files/indices_emergeticos_para_avaliacao_da_sustentabilidade_sistemas_de_producao_de_leite.pdf)>. Acesso em: 20 maio 2009.
- FERRAZ, J. M. G. As dimensões da sustentabilidade e seus indicadores. In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. (Eds.). **Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. p. 15-35.
- HOWLETT, D. et al. Stakeholder analysis and local identification of indicators of the success and sustainability of

farming based livelihood systems. **Indicators for Natural Resources Management and Policy**, Manchester, Issue 5, 2000. 25 p.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.

ODUM, H. T. **Environmental accounting: energy and decision making**. 1. ed. New York: John Wiley e Sons Inc, 1996. 370 p.

\_\_\_\_\_.; BROWN, M. T.; BRANDT-WILLIAMS, S. **Handbook of energy evaluation folio #1: introduction and global budget**. Gainesville, Center for Environmental Policy, 2000. 16 p.

\_\_\_\_\_. **Handbook of energy evaluation folio #2: energy of global processes**. Gainesville: Department of Environmental Engineering Sciences, 2000. 30 p.

ORTEGA, E. Contabilidade ambiental e econômica de projetos agroindustriais. In: CONFERENCE BRAZILIAN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY CONGRESS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: IUFOS, 1998.

\_\_\_\_\_. et al. Energy comparison of ethanol production in Brazil: traditional versus small distillery with food and electricity production. In: BIENNIAL EMERGY ANALYSIS RESEARCH CONFERENCE, 2., 2001, Gainesville. **Anais...** Gainesville: CEP, 2001.

PEREIRA, L. **Análise multiescala multicritério da sustentabilidade ecológica brasileira**. 2012. 167 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

ROMANELLI, T. L. **Sustentabilidade energética de um sistema de produção da cultura de eucalipto**. 2007. 121 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Agronomia, Escola Superior de Agronomia Luis de Queiroz, Piracicaba, 2007.

RÓTOLO, G. C.; CHARLÓN, V.; FRANZESE P. P. Emery accounting of an integrated grazing-milking system in Argentina's Pampas. In: BIENNIAL EMERGY EVALUATION AND RESEARCH CONFERENCE, 6., 2010, Gainesville. **Anais...** Gainesville: CEP, 2010.

SCOONES, I. Sustainable rural livelihoods: a framework for analysis. **Institute of Development studies**, Brighton, Issue 72, 1998.

WADA, D. K.; ORTEGA, E. Comparação dos balanços de energia de dois sistemas de produção de leite. In: ORTEGA, E. (Org.). **Engenharia ecológica e agricultura sustentável: exemplos de uso da metodologia emergética-ecossistêmica**. Campinas: UNICAMP, 2003. Disponível em: <<http://www.fea.unicamp.br/docentes/ortega/livro/in dex.htm>>. Acesso em: 19 jun. 2012.

WOODHOUSE, P.; HOWLETT, D.; RIGBY, D. **A framework for research on sustainability indicators for agriculture and rural livelihoods**. London: Department for International Development (DFID), 2000. 39 p.

Recebido em 12/09/2014. Liberado para publicação em 13/11/2014.

**ESTUDO DA SUSTENTABILIDADE DE SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE POR MEIO DO DIAGNÓSTICO DOS CINCO CAPITAIS E DA ANÁLISE EMERGÉTICA, REGIÃO DE ARAÇATUBA, ESTADO DE SÃO PAULO**

**Anexo 1**

**MEMÓRIA DE CÁLCULO EMERGÉTICO**

Em função da disponibilidade de dados sobre os fluxos de energia e de massa que entram no sistema, em escala mensal, os cálculos foram realizados por mês e depois agregados por ano. Com isso aumentou-se a precisão dos cálculos.

Para obter consistência entre os valores das transformidades obtidos na literatura, adotou-se a base de referência (*baseline*) da energia global (15,83E+24 sej/ano) calculada por Odum (2000). Para tanto, as transformidades que têm como base o *solar empower* de 1996 (9,44E+24 sej/ano) foram multiplicadas por 1,68. Para as transformidades obtidas em trabalhos que não explicitam a base de referência, considerou-se que foram corrigidos para bases atualizadas em relação ao ano da publicação.

**Recursos Naturais Renováveis (R)**

**1) Sol**

Radiação solar = 501 MJ•m<sup>-2</sup>•mês<sup>-1</sup> (Votuporanga, Estado de São Paulo, CIAGRO, 2011).

Conversão = 501 MJ•m<sup>-2</sup>•mês<sup>-1</sup> × 10000 m<sup>2</sup>•ha<sup>-1</sup> × 1E+6 J•MJ<sup>-1</sup> = 5,01E+13 J•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup>

Fluxo de energia = (100-Albedo)/100 × J•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup> = (100-14,8)/100 × 5,01E+13 J•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup> = 4,26E+12 J•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup> × 12 mês•ano<sup>-1</sup> = 5,11E+13 J•ha<sup>-1</sup>•ano<sup>-1</sup>.

Albedo = % •mês<sup>-1</sup>, porcentagem da radiação solar refletida, média mensal

Pastagem	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Albedo %	18	18	19	16	15	12	13	12	12	13	14	17	14,8

Transformidade = 1,00E+00 sej•J<sup>-1</sup> (ODUM, 1996).

**2) Vento**

Densidade do ar = 1,3 kg•m<sup>-3</sup>

Velocidade média mensal = 1,74 m•s<sup>-1</sup> (Votuporanga, Estado de São Paulo, CIAGRO, 2011)

Vento geotrópico = 0,6×1,75 m•s<sup>-1</sup> (60% da velocidade média mensal) = 1,04 m•s<sup>-1</sup>

Coefficiente de arraste = 0,001 adimensional

Conversão = (1,3 kg•m<sup>-3</sup>) × (1,04 m•s<sup>-1</sup>)<sup>3</sup> × 0,001 × (10.000 m<sup>2</sup>•ha<sup>-1</sup>) × (60 s•min<sup>-1</sup> × 60 min•h<sup>-1</sup> × 24 h•d<sup>-1</sup>) × (d•mês<sup>-1</sup>) = 4,73E+07 J•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup>

Fluxo de energia = 12 mês•ano<sup>-1</sup> × 4,73E+07 J•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup> = 5,68E+08 J•ha<sup>-1</sup>•ano<sup>-1</sup>

Transformidade = 2,45E+03 sej•J<sup>-1</sup> (ODUM; BROWN; BRANDT-WILLIAMS, 2000).

**3) Chuva**

Precipitação = 140 mm•mês<sup>-1</sup> × 10 = 1400 m<sup>3</sup>•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup> (coletado na fazenda).

Densidade da água = 1.000 kg•m<sup>-3</sup>

Energia da água = 5.000 J•kg<sup>-1</sup> (Energia livre de Gibbs).

Conversão = (1.400 m<sup>3</sup>•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup>) × (1.000•kg•m<sup>-3</sup>) × (5.000 J•kg<sup>-1</sup>) = 7,01E+09 J•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup>

Fluxo de energia = 12 mês•ano<sup>-1</sup> × 7,01E+09 J•ha<sup>-1</sup>•mês<sup>-1</sup> = 8,41E+10 J•ha<sup>-1</sup>•ano<sup>-1</sup>

Transformidade = 3,10E+04 sej•J<sup>-1</sup> (ODUM; BROWN; BRANDT-WILLIAMS, 2000).

**4) Água do poço semiartesiano**

Água consumida = 1,52E+05 m<sup>3</sup>•mês<sup>-1</sup> (coletado na fazenda).

Densidade da água =  $1.000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Energia da água =  $5.000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$  (energia livre de Gibbs).

Conversão =  $(1,52\text{E}+05 \text{ m}^3 \cdot \text{mês}^{-1}) \times (1.000 \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}) \times (5.000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}) \times \text{área ha}^{-1} = 7,59\text{E}+08 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$

Fluxo de energia =  $12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1} \times 7,59\text{E}+08 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1} = 9,11\text{E}+09 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $1,76\text{E}+05 \text{ sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (ODUM, BROWN; BRANDT-WILLIAMS, 2000)

### Recursos Naturais Não Renováveis (N)

#### 5) Perda de solo

Perda de solo, com práticas conservacionistas =  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$  (média pastagem 900 kg/ha) (BERTONI; LOMBARDI-NETO, 2005). A distribuição mensal se baseia na curva de distribuição do índice de erosão para a região de Presidente Prudente (BERTONI; LOMBARDI-NETO, 2005).

Índice de erosão mensal = % Porcentagem (BERTONI; LOMBARDI-NETO, 2005).

Pastagem	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
% Erosão	0,016	0,14	0,20	0,18	0,11	0,11	0,01	0,015	0,015	0,02	0,06	0,08	0,0833

Perda de solo mensal =  $1.280 \text{ kg solo} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Teor de matéria orgânica (MO) no solo = 1,825 %

Energia da matéria orgânica =  $5.400 \text{ kcal} \cdot \text{kg MO}^{-1}$ .

Conversão =  $(0,01825) \times (1.280 \text{ kg solo} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}) \times (5.400 \text{ kcal} \cdot \text{kg MO}^{-1}) \times (4.186 \text{ J} \cdot \text{kcal}^{-1})$

Fluxo de energia da matéria orgânica =  $5,28\text{E}+8 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $1,24\text{E}+05 \text{ sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (BRANDT-WILLIAMS, 2002).

### Recursos da Economia (M)

#### 6) Concentrados proteicos (farelo de soja, algodão)

Consumo mensal pelo rebanho =  $1,81\text{E}+03 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $1,81\text{E}+03 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $7,25\text{E}+02 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $3,26\text{E}+12 \text{ sej} \cdot \text{kg}^{-1}$  (CAVALETT, 2004).

#### 7) Concentrados energéticos (milho)

Consumo mensal pelo rebanho =  $5,60\text{E}+03 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $5,60\text{E}+03 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $2,24\text{E}+03 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $2,08\text{E}+12 \text{ sej} \cdot \text{kg}^{-1}$  (CAVALETT, 2004).

#### 8) Sal mineral e Promotores

Consumo mensal pelo rebanho =  $2,425 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $2,425 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $9,74\text{E}-01 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $2,0\text{E}+12 \text{ sej} \cdot \text{kg}^{-1}$  (ALBUQUERQUE, 2008 *apud* ORTEGA et al., 2001)

#### 9) Calcário

Consumo mensal pela pastagem =  $1,68\text{E}+02 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $1,68\text{E}+02 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $6,72\text{E}+01 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $1,0\text{E}+12 \text{ sej} \cdot \text{kg}^{-1}$  (BRANDT-WILLIAMS, 2002).

#### 10) Nitrogênio

Consumo mensal pela pastagem =  $1,59\text{E}+02 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $1,598\text{E}+02 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $63,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $6,38E+12 \text{ sej} \cdot \text{kg}^{-1}$  (BROWN; ULGIATI, 2004)

#### 11) Fósforo

Consumo mensal pela pastagem =  $4,98E+01 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $4,98E+01 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $19,9 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $6,55E+12$  (BROWN; ULGIATI, 2004)

#### 12) Potássio

Consumo mensal pela pastagem =  $1,25E+01 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $1,25E+01 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $5,0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $2,92E+12 \text{ sej} \cdot \text{kg}^{-1}$  (ODUM, 1996)

#### 13) Controle de pragas

Consumo mensal pela pastagem =  $4,56 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $4,56 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $1,83 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $2,49E+13 \text{ sej} \cdot \text{kg}^{-1}$  (BROWN; ULGIATI, 2004)

#### 14) Mudanças de eucalipto

Consumo mensal pastagem =  $75 \text{ unidades} \cdot \text{ha}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Transformidade =  $1,71E+11 \text{ sej} \cdot \text{unidade}^{-1}$  (ROMANELLI, 2007)

#### 20) Material para limpeza

Consumo mensal =  $56,10 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $56,10 \text{ kg} \cdot \text{mês}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de massa =  $22,44 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $6,38E+12 \text{ sej} \cdot \text{kg}^{-1}$  (ORTEGA, 1998; ALBUQUERQUE, 2008).

#### 21) Combustível (Diesel)

Consumo mensal pastagem =  $1,44E+02 \text{ L} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão =  $1,44E+02 \text{ L} \cdot \text{mês}^{-1} \times 3,14E+07 \text{ J} \cdot \text{L}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1} = \text{J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de energia =  $1,81E+09 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $9,21E+04 \text{ sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (BASTIANONI et al., 2005).

#### 25) Energia elétrica

Consumo mensal de kwatts·h =  $1,37E+03 \text{ kwatts} \cdot \text{h} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão kwatts·h em joules =  $1,37E+03 \text{ kwatts} \cdot \text{h} \cdot \text{mês}^{-1} \times 3,6E+06 \text{ J} \cdot (\text{kwatts} \cdot \text{h})^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1} \times 12 \text{ mês} \cdot \text{ano}^{-1}$

Fluxo de energia =  $1,97E+09 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $2,52E+05 \text{ sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (BROWN; ULGIATI, 2004).

#### 32) Mão de obra permanente

Homens-dias no mês =  $33,30 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Energia por HD =  $2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1}$

Conversão em joules do mês =  $33,30 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1} \times 2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1} \times 4.168 \text{ J} \cdot \text{kcal}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1}$

Fluxo de energia =  $3,47E+08 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $1,20E+06 \text{ Sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (ORTEGA et al., 2001).

#### 33) Mão de obra temporária

Homens-dias no mês =  $0,91 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Energia por HD =  $2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1}$

Conversão em joules do mês =  $0,91 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1} \times 2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1} \times 4.168 \text{ J} \cdot \text{kcal}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1}$



Fluxo de energia =  $9,51E+06 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $4,00E+06 \text{ Sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (ORTEGA et al., 2001).

### 34) Mão de obra administrativa, nível superior.

Homens-dias no mês =  $2,71 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Energia por HD =  $2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1}$

Conversão em joules do mês =  $2,71 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1} \times 2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1} \times 4.168 \text{ J} \cdot \text{kcal}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1}$

Fluxo de energia =  $2,82E+07 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $8,00E+06 \text{ Sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (ORTEGA et al., 2001).

### 36) Veterinário J

Homens-dias no mês =  $0,0405 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Energia por HD =  $2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1}$

Conversão em joules do mês =  $0,0405 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1} \times 2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1} \times 4.168 \text{ J} \cdot \text{kcal}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1}$

Fluxo de energia =  $4,36E+05 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $8,00E+06 \text{ Sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (ORTEGA et al., 2001).

### 37) Assistência técnica J

Homens-Dias no mês =  $0,0135 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Energia por HD =  $2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1}$

Conversão em joules do mês =  $0,0135 \text{ HD} \cdot \text{ano}^{-1} \times 2.500 \text{ kcal} \cdot \text{HD}^{-1} \times 4.168 \text{ J} \cdot \text{kcal}^{-1} \times 30 \text{ ha}^{-1}$

Fluxo de energia =  $1,45E+05 \text{ J} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $8,00E+06 \text{ Sej} \cdot \text{J}^{-1}$  (ORTEGA et al., 2001).

### Itens com conversão de dólar em emdólar

15) Sêmen; 16) Nitrogênio líquido; 17) Medicamentos curativos; 18) Medicamentos preventivos; 19) Exames sanitários; 22) Ferramentas e utensílios; 23) Manutenção de máquinas; 24) Manutenção de instalações; 26) Fretes do transporte de leite; 27) Telefone; 28) Milho para silagem; 29) Compra de animais; 30) Depreciação de máquinas e equipamentos; 31) Outros bens da economia; 35) Técnico manutenção de máquinas; 38) Escritório de contabilidade; 39) Seguros; 40) Taxa e impostos - FUNRURAL.

Gasto mensal =  $\text{R\$} \cdot \text{mês}^{-1}$  (coletado na fazenda).

Conversão em dólar do mês =  $\text{R\$} \cdot \text{mês}^{-1} \times \text{US\$} \cdot \text{R\$}^{-1} = \text{US\$} \cdot \text{mês}^{-1}$  (BCB, 2011).

Fluxo monetário =  $\Sigma \text{US\$} \cdot \text{mês}^{-1} = \text{US\$} \cdot \text{ano}^{-1}$

Transformidade =  $\text{Emdólar} \times \text{US\$}$  (PEREIRA, 2012).

Emdólar Brasil, PNB nominal (Valores estimados baseados em PEREIRA, 2012)

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Sej•US\$ <sup>-1</sup>	5,81E+12	5,66E+12	5,52E+12	5,39E+12	5,28E+12	5,18E+12	5,08E+12

Emdólar médio =  $5,40E+12$ .