



**MARÍLIA PAULA DOS REIS TEIXEIRA**

**CONTABILIDADE AMBIENTAL  
EMERGÉTICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA  
ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO LEITEIRA**

**LAVRAS - MG**

**2011**

**MARÍLIA PAULA DOS REIS TEIXEIRA**

**CONTABILIDADE AMBIENTAL EMERGÉTICA: UMA ANÁLISE  
COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO LEITEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Organizações, Gestão e Sociedade, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Mozar José de Brito

Coorientador

Dr. Enrique Ortega Rodriguez

**LAVRAS – MG**

**2011**

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca da UFLA**

Teixeira, Marília Paula dos Reis.

Contabilidade ambiental emergética: uma análise comparativa  
entre sistemas de produção leiteira / Marília Paula dos Reis Teixeira.  
– Lavras: UFLA, 2011.

139 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Mozar José de Brito.

Bibliografia.

1. Produção leiteira. 2. Desempenho ambiental. 3. Contabilidade  
emergética. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 658.913381762142

**MARÍLIA PAULA DOS REIS TEIXEIRA**

**CONTABILIDADE AMBIENTAL EMERGÉTICA: UMA ANÁLISE  
COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO LEITEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Organizações, Gestão e Sociedade, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 03 de outubro de 2011.

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Dr. José Roberto Kassai         | USP  |
| Dr. José Roberto Pereira        | UFLA |
| Dr. Francisval de Melo Carvalho | UFLA |

Dr. Mozar José de Brito  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2011**

*A minha linda filha, Melina, com quem muito aprendo.  
Aos meus pais, Lia e Wagner, que são as bases da minha vida.*

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

Fundamentalmente, a Deus, pela vida, por ser o meu refúgio e fonte de mansidão.

A minha filha, Melina, pelos sorrisos e por ser a alegria em minha vida.

Aos meus pais, Lia e Wagner, pelo amor, pela dedicação, pela educação e pelo apoio incondicional.

A minha irmã Marcília, por ouvir meus desabafos e por estar sempre ao meu lado.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Administração (PPGA), pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos, sem a qual esta pesquisa não se concretizaria.

Ao meu orientador, Dr. Mozar José de Brito, pela confiança depositada, pelas críticas e sugestões e pelo inestimável apoio e orientação desde o meu ingresso no curso.

Ao querido professor Dr. Enrique Ortega, que me acolheu em seu laboratório com grande generosidade e conduziu todo o meu trilhar na emergência.

A todos os professores do PPGA que participaram, direta ou indiretamente, em minha formação, em especial à professora Dra. Flávia Luciana Naves Mafra, que acendeu em mim questões muito importantes sobre a ciência e ao professor Dr. José Roberto Pereira, pelos ensinamentos preciosos e pelo modelo de postura como pesquisador.

Aos colegas do PPGA que em muito contribuíram nas discussões promovidas em cada disciplina.

À Isabel Cristina da Silva e Elisa Zwick, amigas queridas encontradas nessa jornada e com quem espero ter um longo caminhar, unido aos passos de cada uma.

Aos estimados companheiros Ewerton Alex Avelar, Lucas Canestri, Thiago Sales e Santos e Thiago Souza Santos, pelas risadas em conjunto, pelo cuidado que sempre tiveram comigo e pelos momentos de descontração.

Às colegas de república, Cris Nogueira, Késia Teixeira e Sol Riveli, pela agradável companhia.

À grande amiga Denise Carneiro dos Reis Bernardo, que me revelou o “mundo da pesquisa” e que foi e é fundamental em minha vida acadêmica e pessoal.

A Marie Chauvel, pelo apoio desde o início desta jornada, por me incentivar e acreditar em meu potencial.

A Fabrício Molica de Mendonça, por ser tão generoso comigo quando o mestrado pra mim era apenas um pequeno embrião.

A Luz Selene Buller, por me receber com carinho e amizade na Unicamp e pelos diálogos sobre este estudo.

Aos colegas encontrados no Laboratório de Engenharia Ecológica da Unicamp, Alexandre Souza, Lucas Pereira e Marcos Watanabe, pelas discussões sobre a emergia.

Ao pesquisador da Embrapa João César Resende que, desde o primeiro contato, se dispôs a me auxiliar, demonstrando grande bondade.

Aos proprietários da fazenda Santa Edwiges e Boa Vida, Sr. Tarcísio Resende e Sr. Ozany Barbosa, por concederem-me os objetos de estudo.

A natureza reservou para si tanta liberdade que não a podemos nunca penetrar  
completamente com o nosso saber e a nossa ciência.

Goethe

## RESUMO

Esta dissertação foi produzida com o objetivo de investigar, de modo comparativo, o desempenho ambiental de dois sistemas de produção de leite aplicados por organizações localizadas na mesorregião do Campo das Vertentes, em Minas Gerais. Para alcançar este escopo empregou-se a abordagem da contabilidade emergética, tendo em vista a sua capacidade como método de valoração ambiental, as suas potencialidades de aproximação da Ciência Contábil, bem como a sua utilidade como ferramenta de geração de indicadores para a gestão ambiental das organizações. O percurso metodológico adotado para tanto foi o de uma pesquisa descritiva, quanto aos seus objetivos e como estudo de caso comparativo, quanto aos meios. A seleção das unidades de análise deu-se em função da importância histórica, econômica e social da atividade leiteira no Brasil e, especificamente, na mesorregião do Campo das Vertentes, em Minas Gerais, reconhecida como tradicional bacia leiteira. A primeira unidade de análise foi a Fazenda Santa Edwiges, que se enquadra no sistema tradicional de produção leiteira, ao passo que a segunda fazenda estudada está inserida na sistema silvipastoril, a Fazenda Boa Vida. Os dados coletados nestas fazendas foram posteriormente analisados por meio da contabilidade emergética. Esta análise permitiu a geração dos índices emergéticos da Fazenda Santa Edwiges e Boa Vida, respectivamente: transformidade  $9,19E+05$  seJ/J e  $3,16E+05$  seJ/J; renovabilidade 33,54% e 40,03%; razão do investimento emergético 5,5348 e 9,1843; razão do rendimento emergético 1,1807 e 1,1089; razão de carga ambiental 1,98 e 1,50 e, por fim, razão do intercâmbio de energia 0,47 e 0,16. Por meio destes indicadores foi possível diagnosticar que o desempenho ambiental da Fazenda Boa Vida (sistema silvipastoril) foi mais satisfatório que o da Fazenda Santa Edwiges (sistema tradicional), tendo em vista o menor gasto emergético para a produção leiteira, o melhor uso dos recursos renováveis e por provocar menor estresse ecossistêmico.

Palavras-chave: Contabilidade emergética. Desempenho ambiental. Sistemas de produção leiteira.

## ABSTRACT

The aim of this thesis was to investigate in a comparative way the environmental performance of two milk production systems applied by organizations located in the Campos das Vertentes mesoregion of Minas Gerais. To achieve this scope the approach of emergy accounting was used, with a view to its capacity as a method of environmental valuation, its potential approximation of Accounting Science, as well as its usefulness as a tool to generate indicators for the environmental management of organizations. The attended methodological course for the subject was about a descriptive research related to their goals and as a comparative case study about the means. The selection of the analysis units took place according to the historical, economic and social importance of dairy farming activity in Brazil and specifically in the mesoregion of the Campos das Vertentes in Minas Gerais, known as a traditional dairy farming region. The first unit of analysis was the Santa Edwiges farm, which falls within the traditional system of milk production, while the second farm of this study is included in the silvopastoral system, the Boa Vida farm. The collected data on these farms were subsequently analyzed by emergy accounting. This analysis allowed the generation of emergy indices of the Santa Edwiges and Boa Vida farms respectively: Transformity  $9.19 \times 10^5$  seJ/J and  $3.16 \times 10^5$  seJ/J; Renewability 33.54% and 40.03%; Emergy Investment Ratio 5.5348 and 9.1843; Emergy Yield Ratio of 1.1807 and 1.1089; Environmental Load Ratio 1.98 and 1.50, and finally Emergy Exchange Ratio of 0.47 and 0.16. By these indicators was possible to diagnose that the environmental performance of Boa Vida Farm (silvopastoral system) was more satisfactory than the Santa Edwiges Farm (traditional system), in view of its lower emergy expenditure for milk production, their best use of renewable resources and by causing less stress on the ecosystem.

Keywords: Emergy accounting. Environmental performance. Dairy production systems.

## LISTA DE FIGURAS

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Figura 1 | Símbolos da contabilidade ambiental em emergia e seus significados I.....  | 35 |
| Figura 2 | Símbolos da contabilidade ambiental em emergia e seus significados II..... | 36 |
| Figura 3 | Exemplo genérico de um diagrama da contabilidade ambiental em emergia..... | 37 |
| Figura 4 | Fases do estudo de caso múltiplo.....                                      | 52 |
| Figura 5 | Diagrama sistêmico sintético da Fazenda Santa Edwiges .....                | 66 |
| Figura 6 | Diagrama sistêmico analítico da Fazenda Santa Edwiges .....                | 67 |
| Figura 7 | Diagrama sistêmico sintético da Fazenda Boa Vida.....                      | 80 |
| Figura 8 | Diagrama sistêmico analítico da Fazenda Boa Vida.....                      | 81 |

## LISTA DE TABELAS

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Tabela 1  | Modelo de tabela utilizada para o cálculo de fluxo de energia .....                             | 37  |
| Tabela 2  | Produção de leite, rebanho e produtividade das mesorregiões de Minas Gerais .....               | 55  |
| Tabela 3  | Energia do leite produzido na Fazenda Santa Edwiges.....  | 68  |
| Tabela 4  | Perda do solo da Fazenda Santa Edwiges .....  | 68  |
| Tabela 5  | Tabela de avaliação emergética da Fazenda Santa Edwiges .....                                   | 70  |
| Tabela 6  | Compilação dos dados principais da tabela de avaliação emergética da Fazenda Santa Edwiges..... | 75  |
| Tabela 7  | Índices emergéticos da Fazenda Santa Edwiges .....  | 76  |
| Tabela 8  | Energia do leite produzido na Fazenda Boa Vida .....  | 82  |
| Tabela 9  | Perda do solo da Fazenda Boa Vida.....  | 82  |
| Tabela 10 | Tabela de avaliação emergética da Fazenda Boa Vida .....  | 84  |
| Tabela 11 | Compilação dos dados principais da tabela de avaliação emergética da Fazenda Boa Vida.....      | 89  |
| Tabela 12 | Índices emergéticos da Fazenda Boa Vida.....  | 90  |
| Tabela 13 | Análise comparativa entre a energia total das Fazendas Santa Edwiges e Boa Vida .....           | 94  |
| Tabela 14 | Transformidades do leite produzido nas Fazendas Santa Edwiges e Boa Vida .....                  | 97  |
| Tabela 15 | Renovabilidade dos sistemas Fazendas Santa Edwiges e Boa Vida.....                              | 98  |
| Tabela 16 | Razão do investimento emergético das fazendas Santa Edwiges e Boa Vida.....                     | 99  |
| Tabela 17 | Razão do rendimento emergético das fazendas Santa Edwiges e Boa Vida.....                       | 100 |
| Tabela 18 | Razão de carga ambiental das fazendas Santa Edwiges e Boa Vida .....                            | 101 |
| Tabela 19 | Razão de intercâmbio de energia das fazendas Santa Edwiges e Boa Vida.....                      | 102 |

## LISTA DE QUADROS

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Quadro 1 | Tensões em práticas e instituições científicas ligadas ao conflito entre crescimento econômico e sustentabilidade ..... | 24 |
| Quadro 2 | Articulação das racionalidades em prol da racionalidade ambiental.....  | 28 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| EP  | Energia dos produtos              |
| F   | Recursos provenientes da economia |
| GEE | Gases de efeito estufa            |
| I   | Recursos da natureza              |
| M   | Bens da economia                  |
| N   | Recursos não-renováveis           |
| R   | Recursos renováveis               |
| S   | Serviços da economia              |
| seJ | Solar emjoule                     |
| Tr  | Transformidade                    |

## SUMÁRIO

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO</b> .....  | 16 |
| <b>1.1</b>   | <b>Problemática de pesquisa</b> .....  | 18 |
| <b>1.2</b>   | <b>Objetivos</b> .....   | 19 |
| <b>1.2.1</b> | <b>Objetivo geral</b> .....  | 19 |
| <b>1.2.2</b> | <b>Objetivos específicos</b> .....   | 19 |
| <b>1.3</b>   | <b>Justificativa e importância do tema escolhido</b> .....   | 20 |
| <b>2</b>     | <b>REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE A<br/>CONTABILIDADE</b> .....   | 22 |
| <b>3</b>     | <b>A CONTABILIDADE AMBIENTAL EMERGÉTICA</b> .....  | 32 |
| <b>4</b>     | <b>SISTEMAS DE PRODUÇÃO LEITEIRA</b> .....   | 43 |
| <b>4.1</b>   | <b>Sistemas tradicionais de produção de leite</b> .....  | 44 |
| <b>4.2</b>   | <b>Sistemas ecológicos de produção de leite</b> .....  | 45 |
| <b>4.2.1</b> | <b>Sistema silvipastoril</b> .....   | 45 |
| <b>4.2.2</b> | <b>Sistema agrossilvopastoril</b> .....  | 47 |
| <b>4.2.3</b> | <b>Sistema Voisin ou pastoreio racional Voisin</b> .....   | 49 |
| <b>5</b>     | <b>PERCURSO METODOLÓGICO</b> .....   | 51 |
| <b>5.1</b>   | <b>Tipo de pesquisa e método</b> .....   | 51 |
| <b>5.2</b>   | <b>Seleção do universo de pesquisa e das unidades de análise</b> .....   | 53 |
| <b>5.3</b>   | <b>Processo de coleta dos dados</b> .....  | 57 |
| <b>5.4</b>   | <b>Análise dos dados</b> .....   | 58 |
| <b>5.5</b>   | <b>As vantagens e limitações do método adotado</b> .....   | 60 |
| <b>6</b>     | <b>O SISTEMA DE PRODUÇÃO LEITEIRA TRADICIONAL<br/>SOB A ÓTICA DA CONTABILIDADE EMERGÉTICA –<br/>CASO FAZENDA SANTA EDWIGES</b> ..... | 63 |
| <b>6.1</b>   | <b>Caracterização do sistema de produção leiteira da Fazenda<br/>Santa Edwiges</b> .....   | 63 |
| <b>6.2</b>   | <b>Diagrama sistêmico do sistema de produção leiteira da Fazenda<br/>Santa Edwiges</b> .....   | 64 |
| <b>6.3</b>   | <b>Tabela de avaliação emergética do sistema de produção leiteira<br/>da Fazenda Santa Edwiges</b> .....                             | 70 |
| <b>6.4</b>   | <b>Índices e avaliação emergética do sistema de produção leiteira<br/>da Fazenda Santa Edwiges</b> .....                             | 75 |
| <b>7</b>     | <b>O SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE SILVIPASTORIL,<br/>SOB A ÓTICA DA CONTABILIDADE EMERGÉTICA,<br/>FAZENDA BOA VIDA</b> .....         | 77 |
| <b>7.1</b>   | <b>Caracterização do sistema de produção leiteira da Fazenda Boa<br/>Vida</b> .....  | 77 |
| <b>7.2</b>   | <b>Diagrama sistêmico da produção leiteira da Fazenda Boa Vida</b> .....   | 79 |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>7.3</b> | <b>Tabela de avaliação emergética do sistema de produção leiteira da Fazenda Boa Vida.....</b>                              | <b>84</b>  |
| <b>7.3</b> | <b>Tabela de avaliação emergética da Fazenda Boa Vida, continuação.....</b>   | <b>85</b>  |
| <b>7.3</b> | <b>Tabela de avaliação emergética da Fazenda Boa Vida, continuação.....</b>   | <b>86</b>  |
| <b>7.4</b> | <b>Índices e avaliação emergética da Fazenda Boa Vida .....</b>   | <b>88</b>  |
| <b>8</b>   | <b>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O DESEMPENHO AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE TRADICIONAL E SILVIPASTORIL .....</b> | <b>91</b>  |
| <b>9</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>  | <b>104</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>115</b> |
|            | <b>APÊNDICES .....</b>  | <b>123</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Vive-se, atualmente, uma crise ambiental global sem precedentes, instaurada pelo presente sistema econômico esbanjador de energia e destruidor da natureza. É notório que os ecossistemas do planeta não suportarão essa crescente atividade econômica que provoca o seu envenenamento. E, apesar da progressiva anunciação da crise ecológica, esse modelo de produção ainda vigora e toma proporções cada vez maiores.

Destarte, os problemas ambientais gerados pelo ser humano passam a ser uma das principais preocupações da atualidade. Como a magnitude do impacto ambiental está intimamente relacionada ao consumo pela população, urge o trilhar caminhos de produção limpa que gerem impactos mínimos ao meio ambiente, a fim de se obter maior sustentabilidade, capacidade de suporte e resiliência dos sistemas.

Com relação aos tipos de produção, o Brasil caracteriza-se por se direcionar mais acentuadamente às atividades do agronegócio. Da área destinada ao agronegócio no país, Ledic (2002) estima que as pastagens ocupem cerca de 76%, o que corresponde a 171 milhões de hectares. É importante destacar que esta área é destinada a diversos tipos de gado, como, por exemplo, bubalinos, caprinos, equinos, ovinos e muares, com destaque para o bovino (de corte e de leite), por ser predominante.

A criação de bovinos na pecuária brasileira ostenta, atualmente, o maior rebanho comercial do mundo, em torno de 200 milhões de cabeças (72,5% são de corte e 27,5% são de leite). Dessa forma, o Brasil, segundo Marion e Segatti (2010), é o segundo maior produtor mundial de carne bovina e tem o maior rebanho bovino leiteiro comercial do mundo, de acordo com Ledic (2002).

Se, por um lado, a pecuária bovina, no caso da pecuária familiar, apresenta perceptível valor social e econômico, a pecuária como um todo gera

externalidades negativas, como a expansão sobre os biomas naturais, a geração de metano, a compactação e a erosão do solo e a poluição dos recursos hídricos por meio da carga de nutrientes, hormônios, antibióticos, metais pesados e patógenos carregados para o leito dos rios.

Dentre os diversos modelos de pecuária bovina existe uma bifurcação principal que é representada, de um lado, pelos modelos tradicionais, que ainda sobrepõem e, de outro lado, estão os modelos mais ecológicos. Os modelos tradicionais de pecuária bovina são aqueles que fazem forte uso de fertilizantes químicos, agressivos e monocultura, acentuando os impactos negativos gerados pela pecuária no meio ambiente. Ulteriormente, têm-se os modelos de caráter mais ecológicos, que são o Voisin, o silvipastoril e o agrossilvopastoril. Os modelos ecológicos são as alternativas mais benquistas atualmente para a criação de gado, pois visam amenizar os malefícios ambientais gerados pela pecuária e permitem o incremento e a maior qualidade das pastagens, além de diversificar o uso do solo.

Historicamente, o estado de Minas Gerais é marcado por ter sua economia atrelada à criação de gado bovino, principalmente caracterizado por sua produção leiteira. Assinala-se que Minas Gerais apresenta diversidade de modelos de pecuária. É também um estado que retrata, até hoje, o cenário da importância da pecuária bovina de leite e de corte, pois esta constitui uma das principais atividades de seu agronegócio, em função de sua importância social e econômica.

Minas Gerais apresenta condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de espécies florestais, lavouras e criação de bovinos e está estrategicamente localizado entre os grandes polos consumidores desses produtos. Ademais, também apresenta elevado potencial para a exploração florestal, haja vista ser o detentor do maior parque siderúrgico brasileiro alimentado por carvão vegetal, com demanda crescente por madeira reflorestada.

Certamente, estas características mineiras revelam um ambiente propício para modelos de pecuária bovina ecológicos. Contudo, apesar do consenso na literatura sobre as potencialidades ambientais dos modelos ecológicos de pecuária, verifica-se que sua aplicação em relação aos modelos tradicionais ainda é incipiente.

Dessa forma, o campo de estudos que visam promover o debate acerca das potencialidades dos modelos ecológicos de pecuária bovina é profícuo, principalmente aqueles que procuram se aproximar da realidade do produtor rural e conhecer seus limites e desafios. Neste cenário, a contabilidade emergética, definida como a disponibilidade de energia que é utilizada em transformações diretas ou indiretas para produzir um produto ou serviço (ODUM, 1996), destaca-se por ser uma poderosa ferramenta capaz de mensurar os diferentes impactos ecológicos causados pelos díspares modelos de pecuária. Sugere-se que a contabilidade emergética seja capaz de auxiliar a contabilidade tradicional em termos de contabilização ambiental.

### **1.1 Problemática de pesquisa**

Algumas estimativas (DE ZEN et al., 2008) demonstram que o rebanho bovino emite cerca de 9% do total de gases poluentes gerados pela ação humana. Ou seja, essa participação é maior que setores vistos como poluidores, como, por exemplo, o setor de transportes. Ressalta-se, ainda, que, no Brasil, se forem excluídas as emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas pelas queimadas e desmatamentos, a pecuária torna-se a maior fonte emissora de GEE, com mais de 260.000 Gg de CO<sub>2</sub> eq., o que equivale a 42% dessas emissões.

Partindo-se destes pressupostos e considerando que as reflexões teóricas acerca dos impactos das atividades humanas sobre os ecossistemas sinalizam para a possibilidade de esgotamentos dos recursos naturais, tem-se o desafio de

compreender quais são os modelos de criação de gado que agridem em menor grau o meio ambiente. Dessa forma, será possível viabilizar ações concretas para a redução do desequilíbrio causado pelo uso irracional dos recursos na produção de alimentos. Destaca-se, ainda, que cabe aos seres humanos repensar as suas ações no presente, com vistas a preservar o meio ambiente e garantir a sustentabilidade para as gerações futuras.

Sob a égide destas reflexões e no intuito de contribuir para a literatura acerca das distinções ecológicas dos diversos sistemas de produção de leite, tem-se a pergunta geradora deste estudo: Quais são as diferenças significativas, em termos emergéticos, entre os sistemas leiteiros semi-intensivo tradicional e semi-intensivo silvipastoril?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Investigar, de modo comparativo, o desempenho ambiental de dois sistemas de produção de leite aplicados por organizações localizadas na mesorregião do Campo das Vertentes, em Minas Gerais.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Mais especificamente, pretende-se:

- a) estimar os índices emergéticos dos modelos de criação de gado bovino leiteiro semi-intensivo tradicional e semi-intensivo silvipastoril (com eucalipto);

- b) analisar comparativamente os índices emergéticos dos dois modelos de pecuária bovina leiteira.

Espera-se que os resultados possam contribuir para a difusão de modelos ecológicos de pecuária bovina leiteira.

### **1.3 Justificativa e importância do tema escolhido**

Segundo Marconi e Lakatos (2005), para a escolha de um tema de pesquisa, devem ser observados os seguintes critérios: originalidade, viabilidade, exequibilidade, oportunidade e relevância. O presente estudo é a seguir examinado à luz destes cinco critérios:

- a) a originalidade está na tentativa de elucidar, sob a ótica da contabilidade emergética, os diferentes desempenhos ambientais dos modelos semi-intensivo tradicional e semi-intensivo silvipastoril (com eucalipto) de pecuária bovina de leite. Destaca-se que, no Brasil e no mundo, estudos que fazem uso da contabilidade emergética ainda são escassos e que o método ainda encontra-se em fase de consolidação. Dessa maneira, espera-se fornecer mais um exemplo de sua aplicação, contribuindo para a ampliação dos conhecimentos existentes acerca de sua utilização. Outrossim, neste estudo fez-se a aplicação dos índices emergéticos como indicadores para a gestão ambiental das organizações, assim a originalidade deste trabalho também está na aplicação da emergia no campo das ciências sociais, visto que os estudos que envolvem a emergia são desenvolvidos, em sua grande maioria, nas áreas das ciências naturais;

- b) em relação à viabilidade, à exequibilidade e a oportunidade, o estudo envolveu uma fazenda tradicional e uma fazenda ecológica de pecuária bovina leiteira. As fazendas estão situadas no Campo das Vertentes, em Minas Gerais. A escolha justifica-se pelo fato de haver uma maior facilidade de acesso a estas fazendas pela pesquisadora e abrigar fazendas que adotam os diferentes modelos a serem estudados. Além disso, espera-se que a existência de condições ambientais semelhantes (clima, solo, e outras) facilite a realização de análises comparativas;
- c) a relevância desse trabalho está na tentativa de fornecer subsídios para novas posturas que trilhem o caminho da busca pela sustentabilidade ambiental da pecuária bovina de leite, haja vista a urgente necessidade de produções com menores impactos ambientais.

Destaca-se, ainda, que, de acordo com Ortega (informação verbal, 2011<sup>1</sup>), o sistema silvipastoril, que mescla pastagem, gado e eucalipto, não é o tipo mais ecológico de pecuária de que se tem conhecimento, haja vista que existem outros modelos que geram menores impactos negativos no meio ambiente, como, por exemplo, o silvipastoril com diversidade de arbóreos e o agrossilvipastoril. Todavia, a escolha do sistema silvipastoril com eucalipto ocorreu em função de este ser de mais fácil implantação, em um primeiro momento, para os produtores rurais e pela possibilidade de representar um passo inicial ao encontro da sustentabilidade ambiental para a atividade de pecuária bovina leiteira.

---

<sup>1</sup> Notícia fornecida por Professor Dr. Enrique Ortega, da UNICAMP, Campinas (SP), entre os dias 6 e 8 de abril de 2011.

## 2 REFLEXÕES EPISTEMOLÓGICAS SOBRE A CONTABILIDADE

Nas Ciências, em linhas gerais, há um forte predomínio do paradigma positivista, cuja concepção ocorreu no domínio das Ciências Naturais e se estendeu, posteriormente, às Ciências Sociais, influenciando as suas concepções ontológicas, epistemológicas e metodológicas. O positivismo firma-se até os dias atuais como o paradigma dominante das Ciências. Ele parte dos pressupostos que o objetivo central da ciência tem sido a identificação de leis universais, que a geração do conhecimento se restringe à experimentação e que todas as pesquisas científicas devem compartilhar dos mesmos princípios metodológicos (HAMMERSLEY, 1989). Também possui como características o uso do método hipotético-dedutivo e a geração de dicotomias, tais como ciências naturais *versus* ciências sociais e objetivo *versus* subjetivo.

Segundo Japiassu (1981), um dos efeitos mais patentes da preponderância positivista tem sido o impedimento de que as ciências assumam uma função crítica. Lacey (2008a, p. 92, grifos do autor) argumenta que existe uma tensão fundamental na ciência decorrente do positivismo que trata dos valores que são refletidos nas atividades científicas. Segundo ele, a ciência moderna tem o discurso de que ela é (ou deveria ser) norteada pela objetividade, pela neutralidade e pela autonomia e que a integridade da ciência depende de ela refletir esses três valores. Todavia, o referido autor enfatiza que é difícil a conciliação entre a neutralidade e a autonomia com o papel da tecnociência<sup>2</sup> ligada ao crescimento econômico (ciência inserida na lógica do capital), visto que:

---

<sup>2</sup> Segundo Lacey (2008, p. 97), o termo tecnociência refere-se a “práticas de pesquisa guiadas por uma abordagem descontextualizada, que ou mantêm em vista o horizonte da geração de inovações tecnológicas e produzem resultados que auxiliam e explicam a eficácia de inovações, ou cuja conduta depende fortemente da geração (instrumentalmente, experimentalmente, na análise de dados) de produtos tecnologicamente avançados”.

[...] as práticas científicas são parcialmente responsáveis (como um fator causal) pelo avanço do crescimento econômico subjacente à crise ambiental, mas elas também poderiam ser responsáveis (mas não o são suficiente) pela geração do conhecimento que nos permita lidar melhor com a questão da sustentabilidade e antecipar ameaças futuras à sustentabilidade. Assim, o caminho pelo qual a ciência está sendo conduzida não se encaixa facilmente com a neutralidade; ele serve bem aos valores do capital e do mercado, mas não os da sustentabilidade [...] (LACEY, 2008a, p. 93- 94).

Sobre este aspecto, Leff (2000) afirma que a racionalidade capitalista se unifica à racionalidade científica que desenvolve, assim, a capacidade de controle social sobre a realidade, e a uma racionalidade tecnológica que assevera uma eficácia crescente entre meios e fins. Destarte, observa-se que a hegemonia do capitalismo reflete incisivamente sobre a Ciência. Para Lacey (2008a), o fato de o crescimento econômico ocupar uma posição superior nas perspectivas de valor que moldam as atuais práticas científicas do que a sustentabilidade social e ambiental está intimamente relacionada com as prioridades de pesquisa, bem como com temas metodológicos.

A respeito das prioridades de pesquisa, o mencionado autor salienta que, em vez de se observar os impactos sociais e ambientais da tecnociência, o enfoque recai apenas sobre seus potenciais de maior produtividade. Em termos metodológicos, Lacey (2008a) enfatiza que o *mainstream* científico privilegia exclusivamente um tipo de abordagem metodológica descontextualizada em detrimento do pluralismo metodológico.

Essa abordagem metodológica descontextualizada dissocia os fenômenos de seus arranjos sociais, vidas humanas e experiência, de qualquer ligação com a ação humana, valores e qualidades sensoriais e de quaisquer possibilidades que possam ganhar em virtude de suas posições em contextos sociais e ecológicos particulares (LACEY, 2008a). Ademais, este reducionismo

metodológico seria fruto da tentativa de desagregação positivista da realidade em seus componentes para reordená-los posteriormente em generalizações ou leis (DIEGUES, 2008).

Lacey (2008a) traça um paralelo entre as pesquisas que se orientam por um crescimento econômico priorizado em relação à sustentabilidade social ambiental e as pesquisas que visam um novo equilíbrio buscado entre atividade econômica e sustentabilidade, conforme se observa no Quadro 1.

Quadro 1 Tensões em práticas e instituições científicas ligadas ao conflito entre crescimento econômico e sustentabilidade

|  | <b>Crescimento econômico priorizado em relação à sustentabilidade social e ambiental</b>   | <b>Novo equilíbrio buscado entre atividade econômica e sustentabilidade</b>   |
|--|--|---|
| <b>Valores da Ciência:</b><br><b>objetividade (O), neutralidade (N), autonomia (A)</b> | Subordinados a interesses comerciais. N enfraquecida, A não é opção, O ameaçada.   | O fortalecida; possivelmente aproxima-se mais de N; A reinterpretada de forma a se tornar uma opção.  |
| <b>Metodologia</b>   | Abordagem descontextualizada usada quase exclusivamente.   | Pluralismo metodológico; estratégias escolhidas para se "encaixar" ao objeto de investigação e não por causa da disponibilidade de redução daquelas incluídas na abordagem descontextualizada.  |
| <b>Prioridades de pesquisa</b>   | Inovações tecnocientíficas, sua multiplicação e sua implementação - assim como pesquisa "fundamental" realizada na abordagem descontextualizada. | Causas de devastação social e ecológica e barreira a práticas sustentáveis; obter conhecimento que possa ajudar práticas sustentáveis - sem rejeitar um lugar para a pesquisa "fundamental" conduzida segundo a abordagem descontextualizada. |

Quadro 1, conclusão

|                                 |  |   |
|---------------------------------|--|---|
| <b>Valores sociais</b>          | Valores do progresso tecnológico, interpretados tendo em vista os valores do capital e do mercado.   | Valores da sustentabilidade social e ecológica, que podem ser interpretados tendo em vista os valores de movimentos sociais que desafiam concepções de desenvolvimento que enfatizam o crescimento per se, e as várias perspectivas de valores que interpretam o objetivo de participação popular.  |
| <b>Perspectiva modo de vida</b> | Buscar soluções tecnocientíficas, inclusive para aspectos da crise ambiental atual como o aquecimento global. Não há alternativas - à tecnociência, àquilo que é permitido dentro da trajetória do capital e do mercado. O "crescimento sustentável" é necessário. | A ênfase em soluções tecnocientíficas não é científica. Que alternativas pode haver é uma questão aberta à investigação empírica, cujas estratégias estão ligadas aos valores da sustentabilidade. Substituir o foco em "crescimento sustentável" por arranjos nos quais um equilíbrio "melhor" é possível entre sustentabilidade e a economia. |
| <b>Ética</b>                    | Princípio da legitimidade das inovações tecnocientíficas.  | Princípio da precaução <sup>3</sup> .   |
| <b>Espaço de alternativas</b>   | Limitado àquelas possibilidades que poderiam ser realizadas na trajetória de sistemas econômicos que enfatizam o crescimento econômico.  | Identificado com uma visão que permita uma incorporação mais completa de O, N e A.  |

Fonte: Lacey (2008a, p. 127-128)

No Quadro 1, ficam perceptíveis as limitações de pesquisas que se orientam estritamente pelo econômico. Autores como Diegues (2008) e Leff (2002) afirmam que um dos aspectos mais latentes do reducionismo metodológico positivista nas Ciências Sociais é o conceito de meio ambiente,

<sup>3</sup> Para Lacey (2008a, p. 121), “o princípio da precaução é inseparável da posição ética mais geral de que é irresponsável participar do tipo de pesquisa que leva a inovações tecnocientíficas a não ser que sejam conduzidas pesquisas rigorosas e sistemáticas de dimensões comparáveis sobre as consequências (riscos) ecológicas e sociais a longo prazo de sua implementação, levando em conta as condições socioeconômicas das implementações planejadas”.

considerado como uma dimensão exclusivamente biológica ou natural, pertencente somente ao campo das Ciências Naturais. Ora, a questão ambiental é uma problemática de caráter eminentemente social, haja vista que ela foi gerada e está atravessada por um conjunto de processos e opções sociais (LEFF, 2002).

A visão positivista das Ciências Sociais sobre as questões ambientais decorre de seus conceitos, métodos e paradigmas teóricos que são descontextualizados e reducionistas (DIEGUES, 2008; LACEY, 2008a). Assim, urge o repensar sobre este paradigma dominante, visto que, apesar de sua versatilidade em produzir conhecimento e inovações, ele certamente não abarca as estratégias que incorporam em suas análises as dimensões ecológicas, experienciais, sociais e culturais de fenômenos e práticas (LACEY, 2005, 2008b).

Apesar do alerta feito há 24 anos, por Santos (2006), sobre a crise do paradigma dominante e sobre a ascendência de um paradigma emergente que sane as deficiências positivistas, observa-se, até hoje, que as Ciências Sociais estão inclinadas aos tradicionais pressupostos positivistas. Verifica-se o reflexo do positivismo em estudos que primam pela eficiência, eficácia e maximização financeira, em que há apenas a hegemonia do econômico, o culto da empresa e a influência crescente do pensamento empresarial sobre as pessoas (CHANLAT, 1999), principalmente em estudos em Ciências Econômicas, Administração e Contabilidade. Interessa comentar esta última.

O início da edição dos Princípios Fundamentais e Normas Brasileiras de Contabilidade, texto basilar de todo contador, reporta a Contabilidade como integrante das Ciências Sociais que possui como objeto o patrimônio das entidades. Assim, a Contabilidade consiste em conhecimentos obtidos por uma metodologia racional, com as condições de generalidade, certeza e busca das causas, em nível qualitativo semelhante ao das demais Ciências Sociais. O referido manual assevera também que a Contabilidade tem plena fundamentação

epistemológica; conseqüentemente, todas as suas demais classificações (método, conjunto de procedimentos, técnicas) referem-se a simples facetas práticas na solução de questões concretas e são decorrentes deste embasamento epistemológico.

Como integrante das Ciências Sociais, a Ciência Contábil também se orienta pelos pressupostos positivistas, portanto, prima mais fortemente para estudos que abordam a tecnociência que, na contabilidade, está voltada para estudos de caráter financeiros. Destarte, como os métodos e procedimentos contábeis surgem a partir desse embasamento epistemológico, eles estão, em sua grande maioria, atrelados apenas a feitos econômicos tradicionais, negligenciando, assim, em sua maioria, as questões ambientais.

A ausência do tratamento das questões ambientais pela teoria contábil pode, em parte, ser explicada, pois, no período de sua consolidação, havia grande oferta e disponibilidade de recursos naturais renováveis e não-renováveis, de baixo custo e alta qualidade, não caracterizando problemas ambientais a serem contabilizados. Outro quesito que pode elucidar tal marginalização é a forte visão antropocêntrica da teoria contábil que prevalecia desde o século XVIII (SÁ, 1997).

No entanto, o cenário atual tem se mostrado diferente daquele em que a Contabilidade originou-se, haja vista que, nos dias atuais, há cada vez menos recursos não-renováveis, cada vez mais perda dos solos, poluição atmosférica e das águas, dentre outros problemas ambientais. A contabilidade, por ser influenciada pelo reducionismo metodológico positivista, não consegue incorporar estas variáveis ambientais em suas pesquisas e, por conseguinte, nos procedimentos contábeis tradicionais.

Para o enfrentamento da crise ambiental, Leff (2002) propõe que seja adotada, em todos os ramos das ciências, a racionalidade ambiental. Segundo ele, a racionalidade ambiental se firma mediante a articulação de quatro níveis

de racionalidade: a substantiva, a teórica, a técnica ou instrumental e a cultural, conforme explicitado no Quadro 2.

**Quadro 2** Articulação das racionalidades em prol da racionalidade ambiental

- (i) **Racionalidade substantiva** – que é o sistema axiológico dos valores que normatizam as ações e orientam os processos sociais para a construção de uma racionalidade ambiental fundada nos princípios de um desenvolvimento ecologicamente sustentável, socialmente equitativo, culturalmente diverso e politicamente democrático.
- (ii) **Racionalidade teórica** – que constrói os conceitos que articulam os valores da racionalidade substantiva com os processos materiais que dão suporte a uma racionalidade produtiva fundada numa produtividade ecotecnológica e um potencial ambiental de desenvolvimento.
- (iii) **Racionalidade técnica ou instrumental** – que produz os vínculos funcionais e operacionais entre os objetivos sociais e as bases materiais do desenvolvimento sustentável por meio de um sistema tecnológico adequado, de procedimentos jurídicos para a defesa dos direitos ambientais e de meios ideológicos e políticos que legitimem a transição para uma racionalidade ambiental, incluindo as estratégias de poder do movimento ambiental.
- (iv) **Racionalidade cultural** – entendida como um sistema de significações que produzem a identidade e a integridade internas de diversas formações culturais, que dão coerência às suas práticas sociais e produtivas; estas estabelecem a singularidade de racionalidades ambientais heterogêneas que não se submetem a uma lógica ambiental geral e que cobram sentido e realidade no nível das ações locais.

Fonte: Leff (2002, p. 130)

Para romper com o reducionismo metodológico positivista, a Contabilidade pode adotar a racionalidade ambiental para complementar sua ótica sobre as organizações. Ao adotar a perspectiva da racionalidade ambiental, a Contabilidade pode auxiliar como uma ferramenta que evidencia parâmetros para a gestão ambiental.

Mais especificamente, dentro das racionalidades ambientais elencadas por Leff (2002), a Contabilidade poderá auxiliar nas questões ambientais inserida na racionalidade ambiental técnica ou instrumental, haja vista que ela pode ser capaz de uma consecução metódica de determinado objetivo prático por

meio do cálculo preciso de meios eficazes. Leff (2002) argumenta que, para que a racionalidade instrumental possa conferir eficácia à gestão ambiental, é preciso que haja um conjunto de instrumentos técnicos que sejam capazes de traduzir os objetivos da gestão ambiental em ações, programas e mecanismos concretos que deem eficácia à construção da racionalidade ambiental.

Ademais, segundo Ribeiro (1992, p. 56),

a contabilidade, enquanto instrumento de comunicação entre empresas e sociedades, poderá estar inserida na causa ambiental. A avaliação patrimonial, considerando os riscos e benefícios ambientais inerentes às peculiaridades de cada atividade econômica, bem como sua localização, poderá conscientizar os diversos segmentos de usuários das demonstrações contábeis sobre a conduta administrativa e operacional da empresa, no que tange o empenho da empresa sobre a questão.

Destarte, considerando as potencialidades da Contabilidade na causa ambiental, certamente existe a necessidade de se elaborar novos instrumentos econômicos (e contábeis) para dar eficácia a uma racionalidade alternativa: métodos de avaliação de impacto ambiental, inventários e contas do patrimônio natural e cultural (GLIGO, 1986; SEJENOVICH ; GALLO MENDONZA, 1996). Mas, o que se percebe é que ainda existe uma carência de instrumentos da racionalidade técnica que deem suporte à gestão ambiental.

Esta falta de métodos instrumentais capazes de incorporar a questão ambiental está presente na Contabilidade. Como exposto, por ser fortemente influenciada pelo positivismo e por este ser portador de um reducionismo metodológico que não incorpora as questões ambientais, os procedimentos contábeis atuais não estão aptos a tratar as questões ambientais.

Contudo, como afirma Kroetz (2000), a contabilidade, como uma ciência social, é um sistema aberto. Sendo assim, é importante verificar a caracterização e a evolução da Teoria Geral dos Sistemas, que nasceu da

necessidade de se ter uma teoria maior, a da totalidade, que pudesse não só aglomerar, de forma organizada, pequenas células, mas também procurando situá-la num sistema maior, objetivando a resolução de problemas.

Doravante, repensar a epistemologia que rege a contabilidade será sempre relevante, pois a reflexão epistemológica contribui para o debate frente à transformação do paradigma científico e à complexidade de problemáticas, tais como a social e a ambiental. Nesse sentido, a incorporação da racionalidade ambiental em estudos contábeis se faz importante para o avanço da Contabilidade em termos ambientais, em seus instrumentos e procedimentos, haja vista a complementação da Contabilidade Tradicional. Em outras palavras, a racionalidade ambiental pode auxiliar epistemologicamente a pesquisa em Contabilidade, ao incluir o meio ambiente como uma variável a ser analisada.

A incorporação da variável ambiental nos demonstrativos contábeis vem ao encontro do anseio da sociedade, que busca cada vez mais inteirar-se dessas informações. Para tanto, algumas organizações vêm divulgando determinadas informações sobre sua relação com o meio ambiente em seus relatórios anuais. Todavia, Epstein (2003), ao analisar as mudanças ocorridas nos últimos quarenta anos, alerta que ainda que as divulgações sociais e ambientais por parte das organizações tenham crescido, não houve uma melhoria na qualidade das informações divulgadas. Isso ocorre, em parte, porque existe uma carência no emprego de métodos confiáveis que possam mensurar os impactos ambientais das atividades produtivas.

Salienta-se que as informações contábeis oriundas da utilização de técnicas confiáveis promovem a redução da assimetria informacional entre usuários internos e externos (LOPES; MARTINS, 2005), permitem a padronização desses dados, bem como o seu cotejamento e servem de subsídios para os *stakeholders*, visto que, como afirmam Berthelot, Cormier e Magnan (2003), as demonstrações financeiras não são as únicas fontes que os

investidores utilizam no seu processo decisório, considerando também as questões sociais e ambientais das organizações.

Dessa forma, fazem-se necessários novos estudos que desenvolvam e apliquem métodos de valoração de impactos ambientais e da sustentabilidade das organizações, principalmente quando se trata de métodos para divulgação dessas informações em relatórios ambientais.

Observa-se, portanto, que existe um consenso acerca da necessidade de um instrumento contábil orientado por uma racionalidade ambiental técnica que evidencie a relação entre as organizações e o meio ambiente. Como resposta a esta necessidade, defende-se, nesta pesquisa, a aproximação conceitual entre as Ciências Sociais e Naturais como resposta epistemológica ao paradigma dualista estabelecido pela racionalidade moderna entre esses campos do conhecimento, por meio da adoção da contabilidade emergética como aporte à contabilidade tradicional.

A contabilidade emergética é um método que permite a valoração dos recursos naturais. Dessa forma, ela demonstra ter grandes potencialidades como ferramenta contábil. Suas especificidades serão tratadas no próximo capítulo teórico.

### 3 A CONTABILIDADE AMBIENTAL EMERGÉTICA

A contabilidade emergética pode ser definida como a disponibilidade de energia que é utilizada em transformações diretas ou indiretas para produzir um produto ou serviço (ODUM, 1996). A emergia, ou memória energética, permite o levantamento de todos os fatores que contribuem para a produção de bens e serviços num mesmo denominador: a energia da radiação solar equivalente ou necessária para o processo integral de produção que tem como medida o emjoule ou seJ (ODUM, 1996; SCIENCEMAN, 1987).

A análise emergética se baseia nos princípios da termodinâmica, da teoria de sistemas e da ecologia de sistemas. Assim, fluxos de recursos que não são trocados no mercado, inclusive a radiação solar, o vento e a onda, podem ser internalizados na produção econômica e valorados pela emergia. Esses fluxos incorporam também a matéria, a energia, o dinheiro e a informação, além do trabalho necessário, a cultura e a informação, que podem ser agregados nessa metodologia a fim de se contabilizar as suas respectivas contribuições nos processos produtivos (BROWN et al., 2009; PEREIRA, 2008).

Dessa forma, a análise emergética unifica os recursos da natureza e da economia em uma mesma medida, revelando a enorme e ramificada cadeia energética que une as partes do sistema (ODUM, 1996). Por exemplo, o sol, o combustível, a eletricidade e os serviços humanos podem ser colocados em uma base comum, expressando-os todos em emjoules de energia solar que são necessários para cada um (ODUM; ODUM, 2000).

A análise emergética permite, portanto, a quantificação e a valoração de suas contribuições, em fontes de energia renováveis e não-renováveis, o que outras técnicas geralmente não contabilizam ou contabilizam apenas de maneira parcial (ODUM, 1996; ULGIATI; BROWN, 2002). Os recursos renováveis (R) são extraídos do ambiente e têm a capacidade de renovação temporal e espacial

mais rápida que o seu consumo (energia solar, energia dos ventos, energia da chuva, etc.). Os recursos não-renováveis (N) são armazenados na natureza, porém, seu consumo é mais rápido do que a sua capacidade de renovação (carvão, petróleo, florestas, água potável, etc.). Os recursos provenientes da economia (F) são referentes a materiais e serviços provenientes de outras regiões que estão fora das fronteiras do sistema estudado.

Os sistemas da natureza e da humanidade são integrantes de uma hierarquia de energia universal e de uma rede de transformação de energia que une todos os sistemas (CAVALLET; ORTEGA, 2010). Por ser um método que contabiliza a energia despendida nos processos de produção, é de suma importância reconhecer a qualidade e a funcionalidade de cada tipo de energia que é utilizada para a geração dos recursos, tendo em vista a geração da hierarquia de energia.

Para tanto, as transformações de energia podem ser dispostas em uma série ordenada para formar essa hierarquia energética (ODUM, 1988, 1996). Por exemplo, muitos joules de sol são necessários para fazer um joule de combustível; vários joules de combustível para se fazer um joule de energia elétrica; muitos joules de energia elétrica para suportar o processamento de informações em uma universidade, e assim por diante. Como diferentes tipos de energia não são iguais em contribuição, a análise energética expressa cada transformação em unidades de uma forma de energia anteriormente exigida. Esse cálculo de energia acumulada é denominado de Emergia (ODUM, 1986, 1988) ou de memória energética (SCIENCEMAN, 1987).

Para se medir a qualidade da energia e a sua posição na hierarquia de energia universal é necessário, então, conhecer a sua intensidade energética, que é definida como a quantidade de emergia requerida, direta ou indiretamente, para gerar uma unidade de energia de outro tipo (ODUM, 1988). Li et al. (2010)

asseveram que a intensidade emergética é um dos conceitos fundamentais da Teoria dos Sistemas e Energia, e que é fundamental para cálculo da emergia.

A intensidade emergética é composta pela razão entre a emergia mínima necessária para um ecossistema produzir um recurso e a energia final contida nos recursos produzidos, ou seu valor em moeda ou peso em kg (ULGIATI; BROWN, 2002). A unidade da intensidade emergética é o emjoule solar/joule ou emjoule solar/kg ou, ainda, emjoule solar/US\$. Quando a intensidade emergética é constituída pela razão entre a emergia para produzir o recurso e a energia final deste mesmo recurso, tem-se a transformidade do produto.

Assim, a transformidade de um produto tem sido calculada somando-se todas as entradas de emergia do processo e dividindo-se pela emergia proveniente do produto. Importante destacar que, para se realizar a análise de fluxos de emergia dos sistemas, é indispensável contar com a informação sobre a equivalência em joules de emergia solar (seJ). Quanto maior for a intensidade emergética obtida de um recurso, mais longe de sua origem ele estará, uma vez que há muito valor agregado nele (SU et al., 2009; YANG et al., 2010).

Outra característica capital da análise emergética é o Princípio da Máxima Empotência. Denomina-se empotência a potência ecossistêmica (emergia/tempo). Os sistemas tendem a maximizar o fluxo de emergia, porém, a emergia potencial disponível varia com o tempo. Isso implica que os arranjos para maximizar o fluxo de emergia em toda a cadeia alimentar mudam com o tempo. Dessa forma, os sistemas se autoorganizam (expandem-se e contraem-se) em hierarquias de transformação de emergia que pulsam (crescem e decrescem), cobrem diversas áreas, acumulam emergia e evoluem (BROWN; HERENDEEN, 1996). Odum (1996) afirma que este princípio determina que os sistemas ecológicos, e econômicos, irão sobreviver ao longo do tempo e, portanto, contribuir para sistemas futuros.

O processo da contabilidade energética segue algumas etapas lineares: (i) levantamento da história do local de estudo; (ii) elaboração de um diagrama; (iii) montagem da tabela de avaliação energética; (iv) cálculo dos índices energéticos e (v) interpretação dos resultados, conforme destacam Odum (1996) e Odum, Brown e Williams (2000). A análise se inicia por meio da identificação dos componentes principais do sistema, suas entradas e saídas. O passo seguinte consiste na confecção de um diagrama sistêmico do objeto em estudo. Este diagrama é composto por símbolos específicos da contabilidade energética que representam o processo produtivo, assim como ilustrado nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

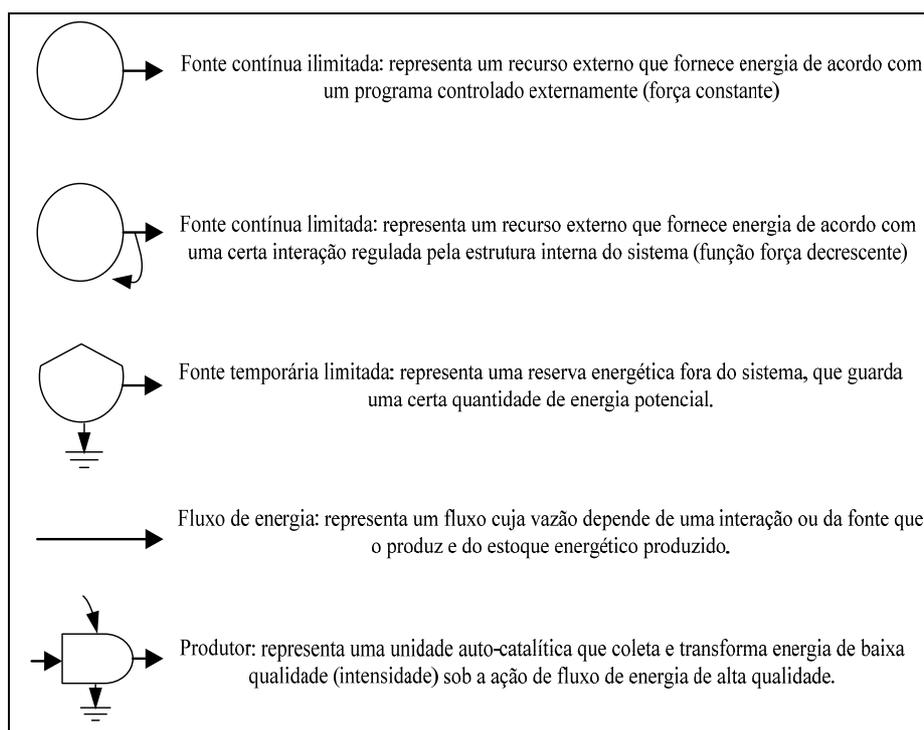


Figura 1 Símbolos da contabilidade ambiental em energia e seus significados I  
Fonte: Ortega (2005)

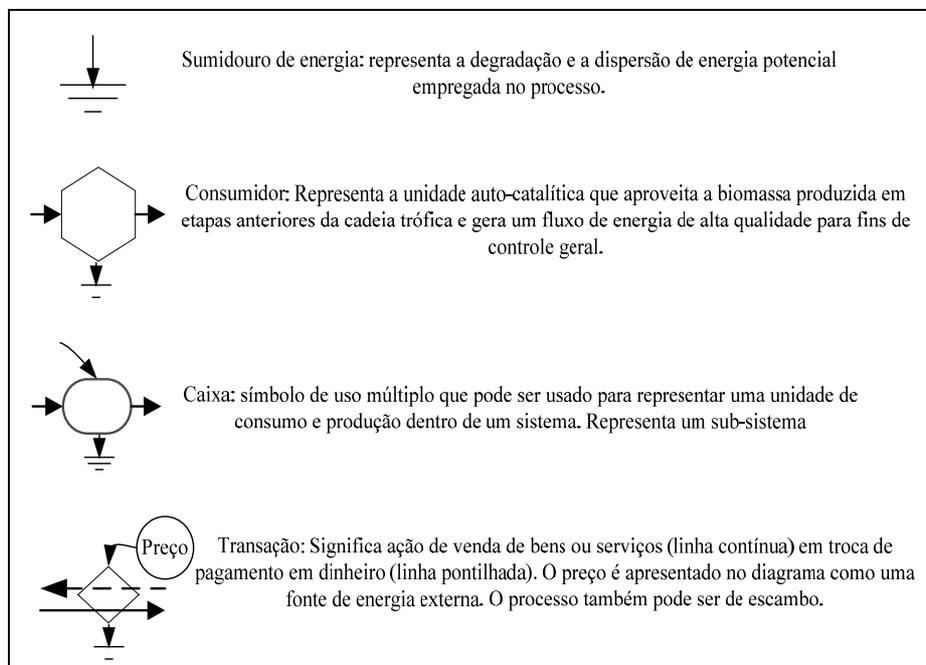


Figura 2 Símbolos da contabilidade ambiental em energia e seus significados II  
Fonte: Ortega (2005)

Por meio da simbologia da contabilidade energética é possível elaborar o diagrama sistêmico, que ilustra com todos os recursos envolvidos no sistema estudado, bem como as suas interações e *outputs*, como exemplificado na Figura 3.

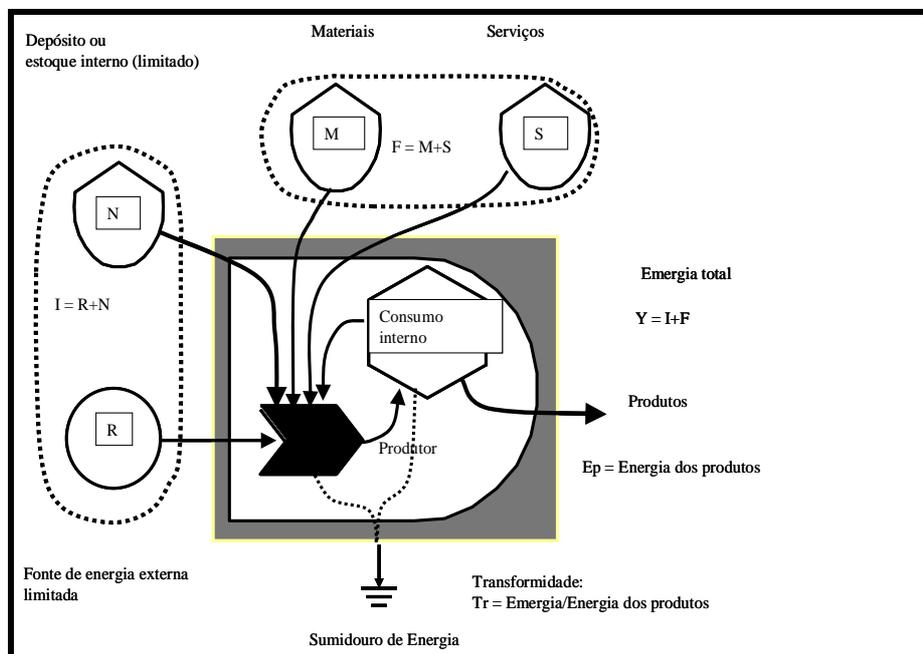


Figura 3 Exemplo genérico de um diagrama da contabilidade ambiental em energia

Fonte: Ortega (2005)

Após a confecção do diagrama sistêmico é possível visualizar um inventário dos processos, estoques e fluxos que integram o sistema sob estudo, que serão, então, valorados, como ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 Modelo de tabela utilizada para o cálculo de fluxo de energia

| Nota | Item                              | Fluxo | Unidade | Intensidade energética | Referência | Energia |
|------|-----------------------------------|-------|---------|------------------------|------------|---------|
|      | <b>R:</b> Recursos renováveis     |       |         |                        |            |         |
|      | <b>N:</b> Recursos não-renováveis |       |         |                        |            |         |
|      | <b>M:</b> Materiais da economia   |       |         |                        |            |         |
|      | <b>S:</b> Serviços da economia    |       |         |                        |            |         |

Fonte: Adaptado de Odum (1996)

Por meio dos dados coletados e, posteriormente, avaliados pela contabilidade emergética, é possível criar diversas esferas de análises pelo tratamento dos índices emergéticos. Ressalta-se que, recentemente, estes índices receberam revisão de seus cálculos pelo professor e pesquisador Enrique Ortega, da Universidade Estadual de Campinas, que integrou a taxa de renovabilidade aos itens da economia. São eles:

I **transformidade solar**: avalia a qualidade do fluxo de energia, podendo ser comparada com as transformidades de outras formas de energia e outros sistemas. Pode ser vista como um valor inverso da eficiência do agroecossistema. A energia incorporada pelo sistema é (Y) e (EP) é a energia do recurso.

$$Tr = \frac{Y}{Ep};$$

II **renovabilidade**: fornece o grau de sustentabilidade do sistema. É calculado pela razão entre a energia dos recursos renováveis usados (R) e a energia total usada no sistema (Y).

$$\% R = \frac{R}{Y} \times 100;$$

III **razão de investimento emergético**: mede a proporção de energia comprada (F), ou seja, os recursos da economia, em relação às entradas de energia do meio-ambiente (I). É um bom indicador da intensidade de uso de recursos econômicos na agricultura. Indica quão econômico é o processo ao usar os investimentos da economia, em comparação com alternativas. O cálculo desta razão permite a escolha do modelo de agricultura compatível com o sistema

econômico e ambiental analisado. Nesse sentido, a razão  $F/I$  constitui um bom indicador para auxiliar a elaboração de uma política agrícola sustentável.

$$EIR = \frac{F}{I};$$

**IV razão da carga ambiental:** é a relação entre a soma da energia comprada com a energia não renovável ( $F+N$ ) pela energia livre ambiental ( $R$ ). Se esta relação tem um valor elevado, isto sugere um nível tecnológico alto, em termos de uso energético, bem como um alto nível de impacto ambiental. Normalmente, seus valores estão perto de valores de investimento energético ( $EIR$ ), mas não sempre. Sistemas usuários de fontes internas de recursos minerais ou combustíveis poderiam ter uma relação baixa de investimento energético ( $EIR$ ), mas, neste caso, o valor de  $ELR$  pode ser alto.

$$ELR = \frac{N + MN + SN}{R + MR + SR};$$

**V razão de rendimento energético:** permite conhecer o benefício líquido, ou seja, se o processo pode competir com outros no fornecimento de energia primária para a economia. É obtida por meio da divisão da energia do produto ( $Y$ ) pela energia das entradas que provêm da economia ( $F$ ). Para que os sistemas de produção possam contribuir para a economia global, esta relação deveria ser maior do que 1. Caso contrário, o processo consome mais do que produz.

$$EYR = \frac{Y}{F};$$

**VI razão de intercâmbio de energia:** é a proporção de energia recebida (Y) em relação à energia entregue em uma transação comercial. As matérias-primas tendem a ter um valor alto de EER, quando são compradas a preço de mercado. O dinheiro paga somente os serviços humanos e não o extenso trabalho realizado pela natureza. A energia pode ser empregada para avaliar os intercâmbios internacionais. As nações desenvolvidas, ao comprar matérias-primas de países menos desenvolvidos, conseguem um saldo de energia a seu favor, pois a energia dos dólares usados no intercâmbio é muito menor que a contida nas matérias-primas adquiridas.

$$EER = \frac{Y}{[(\$) \times (seJ / \$)]}$$

Conforme o exposto, a contabilidade ambiental em energia é uma ferramenta eficaz para a valoração dos diversos fatores que integram os sistemas produtivos. Ademais, algumas de suas vantagens foram elencadas por Hau e Bakshi (2004), segundo os quais a contabilidade emergética envolve a:

- a) representação de uma ponte que conecta os sistemas econômicos e ecológicos, uma vez que a energia pode ser quantificada para qualquer sistema, seus aspectos econômicos e ecológicos podem ser comparados em uma mesma base, independente da percepção estritamente monetária;
- b) compensação da inabilidade do dinheiro em atribuir importância às entradas sem valor de mercado, de maneira objetiva. Além disso, contempla uma visão ecocêntrica durante o processo de valoração, e não estritamente antropocêntrica;

- c) apresentação de um respaldo científico por compartilhar do rigor de métodos termodinâmicos; por ter sua unidade comum permite que todos os recursos sejam comparados em uma base justa. Assim, a análise emergética reconhece as diferentes qualidades de energia e as variadas capacidades de realizar trabalho;
- d) apresentação de uma alternativa mais holística para guiar tomadas de decisão a respeito dos ecossistemas. Muitos dos métodos já existentes, como a análise de ciclo de vida e a exergia, são mais focados nas emissões e impactos, ignorando as contribuições cruciais dos ecossistemas para o bem-estar humano.

A contabilidade emergética encontrou também, como muitas ideias inovadoras, uma grande resistência e crítica, sobretudo de economistas, físicos e engenheiros sem conhecimento sobre Ecologia de Sistemas (HAU; BAKSHI, 2004). Eles a caracterizam como simples, contraditória, enganosa e imprecisa (AYRES, 1998; CLEVELAND; KAUFMANN; STERN, 2000; MANSSON; MCGLADE, 1993). Refutações às críticas também foram publicadas (ODUM, 1995a, 1995b; PATTEN, 1993). No entanto, muito do persistente ceticismo parece resultar da dificuldade em se obter detalhes sobre os cálculos subjacentes e da falta de formalidade entre ligações com os conceitos relacionados com outras disciplinas. Críticas relativas à incerteza e à quantificação não se aplicam apenas à análise emergética, mas a todos os métodos que se centram em uma visão holística de fenômenos.

Sobretudo, argumenta-se que a contabilidade ambiental em energia é um dos métodos mais inovadores e completos referente à quantificação e à valoração da sustentabilidade (HAU; BAKSHI, 2004; TAKAHASHI; ORTEGA, 2010; ZHANG et al., 2010). Cabe destacar que esta sessão não se propôs a explorar completamente todos os aspectos e as vantagens da análise

emergética, mas sim a apresentá-los em linhas gerais. Informações completas podem ser encontradas nos textos basilares de Odum (1996) e Brown e Ulgiati (1997).

Pela discussão apresentada, fica perceptível a possibilidade de análise ambiental proporcionada pela aplicação da contabilidade emergética. Decorrente desta constatação e também da pouca exploração no campo das Ciências Sociais do referido método, optou-se, neste trabalho, por analisar emergeticamente dois diferentes sistemas de produção leiteira. No intuito de caracterizar os diferentes sistemas de produção de leite tem-se o próximo capítulo.

#### 4 SISTEMAS DE PRODUÇÃO LEITEIRA

Na pecuária, uma das formas de avaliar o rendimento é pelo número de cabeças de gado por hectare. Nesse sentido, quanto maior for a densidade de cabeças, independentemente de o gado estar solto ou confinado, maior é a necessidade de ração, de pastos cultivados e de assistência veterinária. Essa avaliação permite a identificação de três modos distintos de manejo do gado. São eles o modo extensivo, o modo semi-intensivo e o modo intensivo.

No formato extensivo, devido à utilização de grande área para um número de animais, o impacto ocasionado pelo pisoteio e resíduos se mostram menos expressivos, tendo em vista a capacidade do meio em recebê-los. A criação extensiva, por não confinar os animais, depende de extensas áreas de pastagens que, muitas vezes, constitui-se em proporções menos densas que uma cabeça de gado por hectare (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS E RENOVÁVEIS - IBAMA, 2011). Geralmente, isto pressupõe a necessidade de formação de latifúndios. Destaca-se que, na pecuária extensiva, na maioria dos casos, os níveis de produtividade são baixos, visto que o gado tem sua dieta restrita ao consumo de pastos nativos e vivem soltos sem maiores cuidados.

No modo semi-intensivo, o gado, na maioria das vezes, fica solto durante o dia e é abrigado no período da noite. Neste sistema, normalmente, são utilizadas pastagens nativas e cultivadas para a alimentação do gado, sendo comum também uma alimentação complementar noturnamente no cocho, ou seja, em confinamento.

Já a pecuária intensiva requer maior uso de tecnologias vinculadas ao manejo do gado e da pastagem. No sistema intensivo, o gado é alimentado quase que absolutamente com pastagens cultivadas e ração. Neste formato, o gado é preservado para que tenha um esforço mínimo.

#### 4.1 Sistemas tradicionais de produção de leite

Os sistemas tradicionais de pecuária são aqueles que mais impactam o meio ambiente. Ortega (informação verbal, 2011) <sup>4</sup> destaca que os sistemas de criação de gado que compõem os padrões tradicionais podem ser encontrados nos três modos de pecuária existentes (extensivo, semi-intensivo e intensivo). Esses sistemas, cada um com as suas especificidades, possuem impactos sociais e ambientais muito significativos. O modo extensivo, quando inserido na lógica do sistema tradicional, é representado por grandes latifúndios e tem um valor social pequeno, pois gera poucos empregos (informação verbal, 2011) <sup>5</sup>.

Por empregar pouca mão de obra, o sistema extensivo provoca o êxodo rural, centralizando os mais diversos problemas sociais nas cidades que, na maioria dos casos, se encontram despreparadas para absorver essas pessoas. Outro aspecto de impacto negativo encontrado neste sistema é o uso do fogo. Constantemente o fogo é utilizado para a limpeza da pastagem, pois os serviços de roçada são caros e inviáveis nesse sistema produtivo.

Segundo dados do IBAMA (2011), o uso do fogo tem sido o maior vetor de substituição das áreas florestadas por pastagens, visto que os cortes de vegetação nativa têm sido muito combatidos pelos órgãos ambientais e denunciados pela sociedade. O uso do fogo possui difícil identificação do autor, dessa forma, possui uma resposta social distinta dos desmatamentos (IBAMA, 2011).

Elenca-se também que a pecuária extensiva tradicional exaure a habilidade do capim em fornecer matéria alimentar. Em função disso, o solo fica

---

<sup>4</sup> Notícia fornecida por Professor Dr. Enrique Ortega, da UNICAMP, Campinas (SP), entre os dias 6 e 8 de abril de 2011.

<sup>5</sup> Notícia fornecida por Professor Dr. Enrique Ortega, da UNICAMP, Campinas (SP), entre os dias 6 e 8 de abril de 2011.

desprotegido e mais exposto aos processos erosivos, principalmente a chuva (IBAMA, 2011).

Já os sistemas semi-intensivo tradicional e intensivo tradicional, o primeiro em menor grau que o segundo, requerem maiores investimentos que o sistema extensivo. O grande uso de fertilizantes e a compactação do solo são os maiores vilões dos sistemas de pecuária sob o enfoque tradicional, pois geram fortes agressões ambientais.

## **4.2 Sistemas ecológicos de produção de leite**

Os sistemas ecológicos recebem esta nomenclatura porque geram um impacto ambiental menor, em comparação com os sistemas tradicionais de criação de gado. Enquadram-se nesta tipologia os sistemas silvipastoril, agrossilvopastoril e Voisin (informação verbal, 2011) <sup>6</sup>. Estes três sistemas buscam, cada um com as suas particularidades, reparar os danos causados ao meio ambiente pela criação de gado.

Em função da crescente conscientização sobre a importância da preservação ambiental, é de suma importância promover estes sistemas, tendo em vista que eles permitem a revegetação de áreas degradadas e reduzem ou amenizam os problemas de ordem ecológica. Dessa forma, suas especificidades merecem maior detalhamento.

### **4.2.1 Sistema silvipastoril**

Entre os tipos existentes de sistemas agroflorestais, o sistema silvipastoril constitui uma forma alternativa de uso da terra e exploração agrícola

---

<sup>6</sup> Notícia fornecida por Professor Dr. Enrique Ortega, da UNICAMP, Campinas (SP), entre os dias 6 e 8 de abril de 2011.

(CASTRO et al., 2008). Este sistema fundamenta-se no consórcio de cultivos arbóreos, pastagens e animais, que pode ser de forma simultânea ou serial. Geralmente, o modelo silvipastoril é empregado na pecuária intensiva e semi-intensiva.

Castro et al. (2008) destacam que os principais benefícios ambientais promovidos por esse sistema são: a exploração eficiente dos recursos naturais, o controle do processo erosivo, a melhoria da estrutura do solo e o equilíbrio da atividade dos microorganismos, a formação de pastagens de melhor qualidade, além de proporcionar ambiência animal em função do sombreamento das pastagens. Ademais, também servem como barreira contra os ventos, diminuindo o estresse térmico e melhorando o desempenho animal (CASTRO, et al., 2008).

Segundo Payne (1985), o sistema silvipastoril apresenta maior sustentabilidade biológica, econômica, social e ecológica, em relação aos modelos tradicionais de criação de gado, como, por exemplo, o monocultivo de pastagens. Para Ferreira et al. (2011), o caráter ecológico da associação permitida pelo sistema silvipastoril é o princípio basilar que rege esse sistema de criação.

Deste modo, Castro et al. (2008) afirmam que o sistema silvipastoril tem como primazia o aumento da eficiência de uso dos recursos naturais e a diversificação da produção da propriedade. Payne (1985) também contribui com a análise do melhoramento ambiental decorrente deste sistema ao enfatizar que a integração entre rebanhos e cultivos arbóreos pode auxiliar na reprodução dos benefícios ecológicos da floresta, além de reduzir os impactos ambientais provocados pelo desmatamento realizado para a formação de pastagens.

Salienta-se que o desmatamento de uma área para estabelecimento de pastagens causa o rompimento do equilíbrio do ecossistema. Para se tornar novamente estável, o agroecossistema deve restabelecer o equilíbrio anterior por

meio da reciclagem de nutrientes e da conservação das características físico-químicas dos solos (CASTRO et al., 2008). Para tanto, o sistema silvipastoril constitui uma alternativa que supre essa demanda, pois as copas das árvores contribuem para a redução do processo erosivo do solo e do impacto das chuvas. Ademais, o seu sistema radicular, que geralmente é denso e profundo, forma barreiras que impem o arraste das partículas do solo, que absorvem os nutrientes das camadas mais profundas, translocando-os para as folhas (CASTRO et al., 2008). Após deposição e decomposição, as folhas tornam-se fontes de adubação orgânica, melhorando as características físicas e químicas do solo (PEZO; IBRAHIM, 1998).

Castro et al. (2008) também elencam outras vantagens proporcionadas pelas árvores nos ecossistemas pecuários, tais como o microclima proporcionado, que beneficia as plantas e os animais. As copas das árvores geram o quebra-vento, diminuindo a demanda evaporativa das plantas herbáceas dos sub-bosques em relação às variações microclimáticas (CASTRO et al., 2008). Ademais, em períodos de estiagem, os solos apresentam maior teor de umidade sob a sua copa do que em áreas expostas diretamente ao sol e ao vento, contribuindo para melhorar o desempenho quantitativo e qualitativo das gramíneas forrageiras (CARVALHO, 1998).

Diante do exposto, tornam-se evidentes as vantagens ambientais ocasionadas pelo sistema silvipastoril de pecuária, em relação aos modelos tradicionais de criação de gado, revelando ser a alternativa mais transitável para os produtores rurais.

#### **4.2.2 Sistema agrossilvipastoril**

O sistema agrossilvipastoril é a consorciação entre pastagem, pecuária, floresta e produção agrícola. A integração promovida pelo sistema

agrossilvipastoril reúne atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, que pode ser em cultivo consorciado, em sucessão ou rotação de culturas.

Lima (1993) enfatiza que, em comparação com sistemas convencionais de uso do solo, as técnicas agroflorestais têm como principal objetivo permitir maior diversidade do sistema, visando proporcionar produção florestal sustentável. Vertutz et al. (2010) corroboram esta análise ao afirmar que esta integração visa práticas principalmente de manejo agroflorestal e tem como pilar fundamental a promoção de maior heterogeneidade e sustentabilidade do sistema (VERGUTZ et al., 2010).

Para Albuquerque (2006), o sistema agrossilvipastoril com espécies para produção de madeira é uma boa opção para se conseguir o manejo sustentável da propriedade rural. Segundo esta autora, este sistema contribui de diferentes modos sobre o meio ambiente como um todo, dando maior conforto para os animais na pastagem contribuindo para aumentar os rendimentos zootécnicos.

Segundo informações obtidas no sítio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (2010), as vantagens do sistema agrossilvipastoril englobam o melhor desempenho do gado, a produtividade maior da lavoura, a consequente vantagem econômica para o produtor e, além disso, uma agropecuária de menor emissão de gases de efeito estufa. Ainda segundo esta organização, ao integrar pecuária, lavoura e floresta para a recuperação das áreas de pasto degradado, há diversas externalidades agronômicas positivas, como redução dos agressivos agrícolas, controle de plantas invasoras e melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, além da maior eficiência no uso de fertilizantes.

### 4.2.3 Sistema Voisin ou pastoreio racional Voisin

O sistema Voisin - ou pastoreio racional Voisin - é um sistema de pecuária nos moldes intensivos de manejo do gado e da pastagem, desenvolvido e proposto por André Voisin, e divulgado, principalmente, por meio de suas duas capitais obras: "Produtividade do Pasto" e "Dinâmica das Pastagens".

No sistema Voisin, o tratamento das pastagens ocorre por meio da intervenção humana permanente nos processos da vida dos animais, das pastagens e do ambiente, a começar pela vida do solo e o desenvolvimento de sua biocenose. Dessa maneira, o pastoreio racional Voisin tem como fundamento o incremento gradativo da biocenose do solo, tanto nos tempos de repouso quanto nos tempos de ocupação das parcelas de pastagens, que são sempre variáveis em função das condições climáticas, da fertilidade do solo e das espécies vegetais (PINHEIRO MACHADO, 2004).

O mesmo autor ainda afirma que, devido a estas variáveis, a avaliação para a prática do sistema Voisin não se enquadra em esquemas pré-estabelecidos, portanto, para se implementar este método de modo eficaz é cogente conhecer com afinco o solo, o tipo de pastagem e outros quesitos da propriedade rural na qual se deseja fazer uso deste método.

Ainda sobre a biocenose, segundo Castagna, Aronovich e Rodrigues (2008), a ausência de movimentação do solo, do emprego de fertilizantes de síntese química, de agrotóxicos e com a aplicação dialética de princípios harmônicos com a natureza permitem um processo produtivo com alta qualidade ambiental. Seja pela formação do ácido carbônico, pela ausência da aração e gradagem, pela maior captação de dióxido de carbono por meio da intensificação da fotossíntese; pela menor emissão de metano, própria dos ruminantes, mas minimizada pela menor idade de abate ou, ainda, pela menor quantidade por litro de leite produzido, com menor desprendimento de  $\text{CH}_4$ , seja porque a biomassa

gerada e dinâmica é o grande reservatório de C na superfície, por tudo isto, o PRV resulta em alta proteção ambiental (CASTAGNA; ARONOVICH; RODRIGUES, 2008).

Dessa forma, o sistema Voisin é considerado ecológico. Isso porque muitas formas de vida podem sobreviver na pastagem e no solo (favorecendo a biodiversidade). Um dos pontos principais é que o sistema não usa, de forma alguma, o fogo no manejo. Como resultado, tem-se o enriquecimento do solo (matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e microelementos), a produção de impacto ambiental mínimo, a alta taxa de sequestro de carbono e a maximização da capacidade de captação e de transformação da energia solar (CASTAGNA; ARONOVICH; RODRIGUES, 2008).

Para que estas externalidades positivas sejam geradas, destaca-se que o gado não deve permanecer muitos dias no mesmo piquete. Com isso se evitará que ele coma o rebrote das forrageiras. Assim, o rebanho terá sempre alimentação de boa qualidade e aumentará seu desempenho.

Devido à ausência de movimentação do solo, de uso de fertilizantes de síntese química, de agrotóxicos e da aplicação dialética de princípios harmônicos com a natureza, o sistema Voisin proporciona alta qualidade ambiental (CASTAGNA; ARONOVICH; RODRIGUES, 2008). Assim, se, por um lado, a implantação do pastoreio racional Voisin tem sido considerada mais complexa, por outro, este sistema agride em menor grau o meio ambiente.

Neste capítulo o objetivo é evidenciar as particularidades dos principais sistemas de produção leiteira tradicionais e ecológicos. Dessa forma, torna-se possível compreender melhor a estrutura de produção de cada fazenda estudada. A apresentação dessas fazendas, bem como as demais escolhas metodológicas, é feita no próximo capítulo.

## **5 PERCURSO METODOLÓGICO**

Neste capítulo apresentam-se os caminhos metodológicos trilhados para o desenvolvimento deste estudo. Inicialmente, descrevem-se o tipo de pesquisa e o método empregado. Por conseguinte, há a definição das justificativas de escolha das fazendas que constituem o objeto de estudo desta pesquisa. Apresentam-se também no presente item as técnicas de coleta de dados e o passo a passo do modelo de análise, além do apontamento das vantagens e limitações do emprego da contabilidade emergética.

### **5.1 Tipo de pesquisa e método**

A presente pesquisa classifica-se, quanto aos seus objetivos, como descritiva e, quanto aos meios, como estudo de caso comparativo ou múltiplo.

A pesquisa descritiva é indicada em situações em que se pretende descrever as características de grupos como perfil, desempenhos, a frequência com que ocorre um fenômeno e a existência de associações entre variáveis. É marcada por um enunciado claro do problema, hipóteses específicas e necessidades detalhadas de informações. Uma concepção descritiva requer uma especificação clara de quem, o quê, quando, onde e por que. A coleta de dados é uma das tarefas características da pesquisa descritiva (MALHOTRA, 2006).

Neste estudo, foram realizadas a descrição e a análise comparativa do desempenho ambiental de dois modelos de pecuária bovina leiteira. Destarte, a presente pesquisa enquadra-se na tipologia de estudo de caso comparativo, um método considerado adequado para o desenvolvimento de uma investigação qualitativa de âmbito social que permite trabalhar situações específicas, típicas ou ideais para explicar determinada situação, além de tratar um problema com maior profundidade e com possibilidades de maior integração de dados e

comparação dos resultados (GIL, 1999; YIN, 2005). De acordo com Yin (2005), o estudo de casos múltiplos ou comparativo segue as fases descritas na Figura 4.

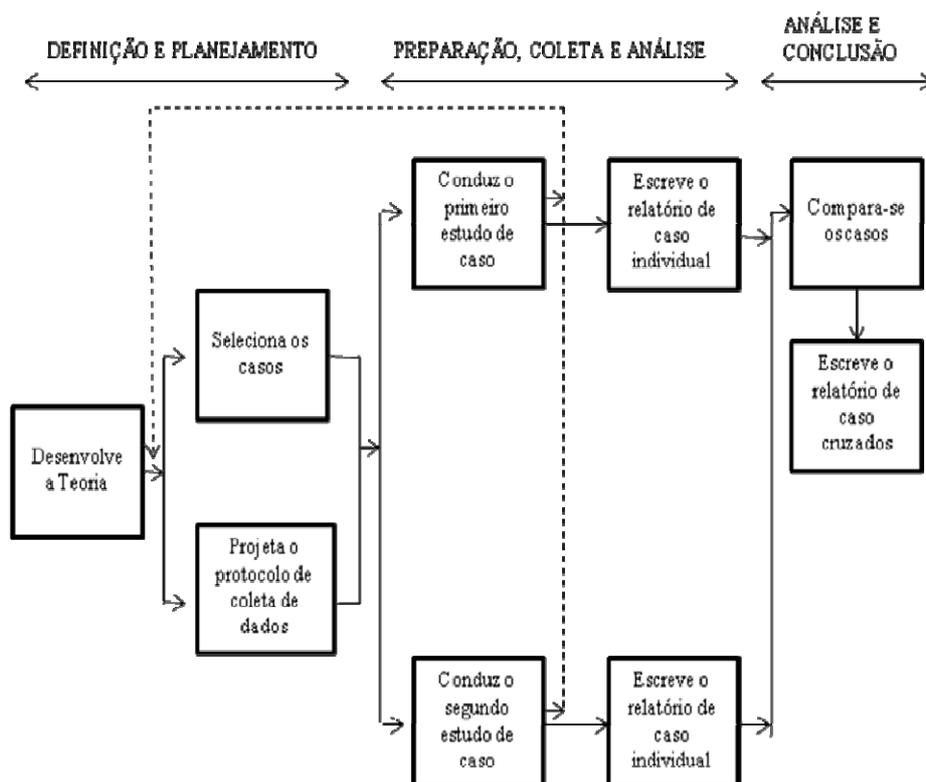


Figura 4 Fases do estudo de caso múltiplo  
Fonte: Adaptado de Yin (2005, p. 72)

Yin (2005) ressalta a necessidade de se observar a curva de retorno da linha pontilhada. Essa curva representa uma situação de alguma descoberta importante durante a realização de um ou mais dos estudos individuais, sendo necessário reformular a seleção de casos ou o protocolo (coleta de dados). A importância da presença desta curva incide no fato de que, se não houver, corre-

se o risco de ser acusado de distorcer ou ignorar a descoberta para acomodar o projeto original.

## **5.2 Seleção do universo de pesquisa e das unidades de análise**

Os caminhos percorridos para a seleção dos objetos do presente estudo foram definidos em função de alguns critérios que são elencados neste tópico. Para justificar tal escolha é apresentado um breve panorama do contexto nacional da pecuária bovina leiteira, sua importância e particularidades, no intuito de compreendê-la melhor. Por conseguinte, esses itens foram explicitados especificamente sobre Minas Gerais, estado no qual se localiza o Campo das Vertentes, a mesorregião que abriga as duas fazendas analisadas no presente trabalho.

Com área de pastagem estimada em 1.970.000 km<sup>2</sup> (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONAL OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2010), o Brasil é um dos maiores produtores de carne e leite do mundo. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2011), a produção no país subiu de 18,5 bilhões de litros, em 1996 para 24,5 bilhões, em 2005, com média de crescimento de 3,3% ao ano. Em 2007, o crescimento da produção de leite foi em torno de 6%, aumento que ocorreu devido ao incentivo para a produção de leite em decorrência dos altos preços praticados no mercado internacional. Em 2009, a produção leiteira chegou a 7,8 bilhões de litros, demonstrando assim a sua potencialidade na produção nacional.

Para Zoccal e Souza (2007), duas características são marcantes na produção leiteira no Brasil. A primeira é que essa atividade é desenvolvida em todo o território nacional. Segundo os mesmos autores, há produção de leite em 554 microrregiões das 558 classificadas pelo IBGE. A segunda característica

consiste na heterogeneidade dos sistemas de produção. Há desde propriedades de subsistência, com rudimentares técnicas de produção, até produtores comparáveis aos mais competitivos do mundo.

Apesar da dispersão da atividade e da discrepância nas formas de produção, é possível observar áreas de concentração de produção de leite. Ao se classificar as regiões homogêneas pela densidade de produção, calculada pelo volume de leite produzido por área, é possível identificar que no estado de Minas Gerais está localizado um grande número de microrregiões mais produtivas (ZOCCAL; SOUZA, 2007).

Destarte, Minas Gerais é o estado que mais produz leite no Brasil e é também o estado da região sudeste que obteve maior expansão percentual na produção entre 2000 e 2008 (IBGE, 2011). A participação de 28% da produção nacional de leite, com 7,8 bilhões de litros/ano de leite, coloca em posição de destaque esta atividade no estado, devido, principalmente, ao seu papel econômico e social.

Destaca-se que, em Minas Gerais, a produção de leite é bastante pulverizada, com concentração muito baixa de produção por município, apresentando maior concentração em âmbito mesorregional (HOTT et al., 2010). Dessa forma, buscou-se evidenciar, na Tabela 2, a produção de leite por mesorregião:

Tabela 2 Produção de leite, rebanho e produtividade das mesorregiões de Minas Gerais

|   | <b>Produção de leite<br/>(mil litros)</b> | <b>Vacas ordenhadas<br/>(cabeças)</b> | <b>Produtividade<br/>(litros/cabeça/ano)</b> |
|---|---|---------------------------------------|--|
| <b>Minas Gerais</b>                     | 7.657.305                                 | 5.143.689                             | 1.489  |
| <b>Noroeste de Minas</b>                | 413.631                                   | 262.999                               | 1.573  |
| <b>Norte de Minas</b>                   | 312.569                                   | 389.106                               | 803  |
| <b>Jequitinhonha</b>                    | 130.586                                   | 218.883                               | 597  |
| <b>Vale do Mucuri</b>                   | 175.110                                   | 248.683                               | 704  |
| <b>Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba</b> | 1.949.085                                 | 1.152.732                             | 1.691  |
| <b>Central Mineira</b>                  | 595.476                                   | 330.202                               | 1.803  |
| <b>Metropolitana de Belo Horizonte</b>  | 589.615                                   | 313.205                               | 1.883  |
| <b>Vale do Rio Doce</b>                 | 520.343                                   | 477.431                               | 1.090  |
| <b>Oeste de Minas</b>                   | 633.364                                   | 339.754                               | 1.864  |
| <b>Sul/Sudoeste de Minas</b>            | 1.254.125                                 | 771.190                               | 1.626  |
| <b>Campo das Vertentes</b>              | 313.512                                   | 153.014                               | 2.049  |
| <b>Zona da Mata</b>                     | 769.889                                   | 486.490                               | 1.583  |

Elaboração: Centro de Inteligência do Leite/Embrapa Gado de Leite

Fonte: IBGE (2011)

O Campo das Vertentes destaca-se como a mesorregião que tem a maior produtividade no estado, sendo constituída pelas microrregiões de Barbacena, Lavras e São João del-Rei, abrangendo um total de 36 municípios<sup>7</sup>. Segundo Resende et al. (2010), a maioria das propriedades rurais do Campo das Vertentes apresenta alguma produção de leite. Segundo estes mesmos autores, a bovinocultura, na região, é uma tradição passada de geração a geração, representando, assim, uma “herança” de conhecimentos práticos e, frequentemente, a principal alternativa de exploração para os herdeiros que decidiram continuar explorando e sobrevivendo da propriedade rural.

Dessa forma, historicamente, o Campo das Vertentes é reconhecido como tradicional bacia leiteira. Ademais, a produção leiteira tem papel fundamental na economia dessa mesorregião. Todavia, se, por um lado, a pecuária de leite gera benefícios econômicos e sociais para o Campo das Vertentes, por outro, também impacta o meio ambiente local, principalmente devido ao fato de a maioria das suas propriedades rurais ser regida pelos modelos tradicionais de pecuária, sendo poucos os casos de modelos mais ecológicos (informação verbal, 2011)<sup>8</sup>

Decorrente dessas informações, as unidades de análises são duas fazendas localizadas no Campo das Vertentes, em Minas Gerais. O critério de escolha partiu do pressuposto de que uma fazenda deveria pertencer ao sistema

---

<sup>7</sup> A microrregião de Barbacena é formada pelos municípios de Alfredo Vasconcelos, Antônio Carlos, Barbacena, Barroso, Capela Nova, Caranaíba, Carandaí, Desterro do Melo, Ibertioga, Ressaquinha, Santa Bárbara do Tugúrio e Senhora dos Remédios. A microrregião de Lavras é constituída por Carrancas, Ijaci, Ingaí, Itumirim, Itutinga, Lavras, Luminárias, Nepomuceno e Ribeirão Vermelho. Por fim, a microrregião de São João del-Rei abrange os municípios de Conceição da Barra de Minas, Coronel Xavier Chaves, Dores do Campo, Lagoa Dourada, Madre de Deus de Minas, Nazareno, Piedade do Rio Grande, Prados, Resende Costa, Ritapólis, Santa Cruz de Minas, Santana do Garambéu, São João del-Rei, São Tiago e Tiradentes.

<sup>8</sup> Notícia fornecida por pesquisador Dr. João César de Resende, da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora (MG), em de março de 2011.

de pecuária tradicional e a outra fazenda deveria ser adepta do sistema ecológico de criação de gado. Seguindo estas orientações, as fazendas foram selecionadas de acordo com a acessibilidade da pesquisadora.

Optou-se pela fazenda Santa Edwiges, localizada na zona rural do município de Lagoa Dourada, MG, DNA qual se utiliza o sistema semi-intensivo de manejo do gado, com grande uso de fertilizantes e agressivos químicos. Portanto, atualmente é classificada como pertencente ao sistema tradicional de pecuária.

A segunda fazenda selecionada está localizada no município de Lavras, MG, utiliza o sistema semi-intensivo de manejo de gado com a inclusão da plantação de eucalipto que forma um cinturão entre os piquetes e, portanto, enquadra-se no sistema silvipastoril.

### **5.3 Processo de coleta dos dados**

A coleta dos dados ocorreu por meio de triangulação de técnicas, tais como entrevistas, visitas técnicas e consulta de documentos. Primeiramente, foi necessária a elaboração de um inventário dos insumos geralmente utilizados na pecuária bovina leiteira. Este levantamento foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica. É importante destacar que este levantamento proporcionou maior familiaridade com o sistema de produção de leite e facilitou, em alto grau, a condução das entrevistas.

De posse do referido arrolamento, deu-se início à pesquisa de campo. Especificamente na Fazenda Santa Edwiges, foram consultados o técnico em agropecuária, o engenheiro agrônomo, o zootecnista e o gerente administrativo, no intuito de se obter detalhadamente a história, a rotina e a quantidade de insumos gastos nesta fazenda com a produção de leite. Para tanto, foram realizadas duas visitas técnicas à fazenda com duração total de cinco dias. Neste

período, além de a pesquisadora ter realizado as consultas aos profissionais citados, pode também conhecer e participar da rotina da fazenda. Os dados obtidos mediante entrevista com os profissionais da fazenda Santa Edwiges foram confrontados com alguns documentos da própria fazenda, tais como notas fiscais, folha de pagamento e fichas de controles internos.

Na Fazenda Boa Vida, foram entrevistados o proprietário da fazenda e dois empregados que cuidam do manejo do gado, a fim de obter as informações necessárias para realizar a contabilidade emergética deste sistema. Para tanto, fizeram-se duas visitas técnicas *in loco*, com duração total de três dias. Destaca-se que, também, nesta fazenda, os dados obtidos mediante entrevista foram confrontados com notas fiscais e controles internos.

Com o início da análise emergética, observou-se que havia alguns dados faltantes. Em decorrência, foram feitas ligações telefônicas para os já entrevistados, a fim de se obter estes dados faltantes. Dessa forma, todos os dados deste trabalho são primários.

#### **5.4 Análise dos dados**

Após coletados, os dados foram processados e avaliados de acordo com os princípios e procedimentos da Contabilidade Emergética. Segundo este método, inicialmente é preciso fazer um levantamento da história do local de estudo. Este levantamento consiste na delimitação do campo de análise e no conhecimento detalhado dos recursos de origem da natureza (renováveis e não-renováveis) e da economia (bens e serviços) envolvidos no processo produtivo analisado. Ao se fazer o arrolamento de todos os recursos é necessário ter conhecimento de todas as unidades de medida de cada item, composição (quando for o caso) e custo (quando for o caso).

Em segunda instância, faz-se o diagrama sistêmico de cada caso envolvido na pesquisa. Este diagrama retrata, por meio da simbologia da contabilidade emergética, o sistema em estudo e deve representar os recursos provenientes da natureza e da economia, bem como as externalidades resultantes do processo produtivo. Em geral, este esquema gráfico é confeccionado por meio de aplicativos para a criação de diagramas técnicos e profissionais.

Por conseguinte, é necessário listar todos os recursos elencados na etapa 1 em uma tabela de avaliação emergética. Nas colunas devem constar, nesta ordem, a (i) nota – que nada mais é do que a atribuição de um número a cada item; (ii) item – que é a denominação de cada item e a sua classificação em recurso da natureza renovável, recurso da natureza não renovável, recurso da economia bem e recurso da economia serviço; (iii) fluxo – valor obtido por meio do memorial de cálculo, tem origem no valor do item que pode ser representado pelo custo ou pelo peso do item, conforme a conveniência; (iv) unidade de medida – que está estritamente vinculada com o Fluxo e demonstra se o item está valorado em moeda, kg, joule, dentre outros; e (v) Intensidade Emergética – é o Sej dividido pelo joule, kg ou moeda, é a atribuição desta divisão a cada item, esta intensidade emergética é encontrada na literatura e Emergia – consiste na multiplicação da coluna Fluxo pela coluna Intensidade Emergética.

A quarta etapa consiste no cálculo dos índices emergéticos constituídos pela (i) transformidade solar; (ii) renovabilidade; (iii) razão do investimento emergético; (iv) Razão de carga ambiental; (v) Razão de rendimento emergético; e (vi) razão de intercâmbio de emergia. Para tanto é preciso calcular também a energia do produto oriundo do sistema. Por fim, fazem-se a interpretação de cada índice e a comparação dos resultados obtidos para os diversos sistemas de produção estudados. Destaca-se que todas estas etapas seguem as proposições de Odum (1996) e Odum, Brown e Williams (2000).

### 5.5 As vantagens e limitações do método adotado

Em projeto proposto no intuito de promover uma análise sistêmica da bovinocultura em São Paulo, Ortega (2005) faz um exame das principais vantagens e limitações da aplicação da Contabilidade Emergética.

As vantagens são que a contabilidade emergética:

- a) vislumbra o objeto de estudo como um sistema ecológico que interage com outros sistemas, de maior ou menor escala;
- b) permite a identificação dos fluxos de entrada e saída do sistema analisado, bem como a variação dos estoques internos;
- c) abarca o trabalho empregado na produção dos fluxos de entrada;
- d) inclui o trabalho empregado para manter seus fluxos de saída (produtos, serviços ambientais, externalidades negativas);
- e) Permite a adoção de uma mesma unidade de medida (energia solar equivalente) de todos os fluxos de entrada e da variação dos estoques internos;
- f) faz uso de indicadores de sistemas termodinâmicos de sistemas abertos e
- g) concebe a modelação e simulação de desempenhos dos sistemas termodinâmico estudado em diversas condições.

As limitações apontadas são:

- a) dificuldade no elencamento dos dados sobre os fluxos de entrada do sistema;
- b) pelo fato de este método estar em desenvolvimento, ainda existe uma carência no modelo de análise da distribuição do acúmulo de

- capital gerado entre os grupos participantes da cadeia do processo de produção e consumo;
- c) falta de consenso sobre a avaliação devida do valor da informação e do conhecimento envolvido nos processos produtivos;
  - d) falta de conhecimento público da contabilidade energética e de seus indicadores;
  - e) exige conhecimento aprofundado do sistema pesquisado, que inclui identificar seus principais componentes e a natureza de suas interações entre si e com o meio externo;
  - f) na perspectiva reducionista, há a consideração apenas da contribuição dos recursos em função da entalpia<sup>9</sup> que cedem em um processo e não do custo energético necessário para produzir o recurso que integra este processo. Em outro diapasão, a perspectiva sistêmica ou holística exige a capacitação ou a atualização de conceitos científicos que permitam a visualização do ciclo de vida dos recursos e
  - g) a visão tradicional da economia, que muitas vezes privilegia o curto prazo, preconiza o lucro maior em um menor espaço de tempo possível, sem reparar os impactos sociais e ambientais gerados. Dessa forma, os métodos de valoração ambiental recebem pouca atenção nesta perspectiva.

Neste capítulo buscou-se evidenciar e justificar as escolhas metodológicas adotadas nesta pesquisa. Após o decorrer deste percurso metodológico, deu-se início à etapa de análise, resultados e discussões. Esta

---

<sup>9</sup> Entalpia é um conceito que tem origem na Física e designa o “conteúdo de calor de um sistema cuja expressão em outro termodinâmico é definida pela soma de sua energia interna com o produto do volume do sistema pela pressão a que está submetido” (HOUAISS; VILLAR; FRANCO, 2007).

etapa está dividida nos três próximos capítulos, sendo um dedicado ao caso individual da Fazenda Santa Edwiges; subsequentemente tem-se caso individual da Fazenda Boa Vida e o último capítulo de resultados e discussões foi dedicado à análise comparativa dos dois casos.

## **6 O SISTEMA DE PRODUÇÃO LEITEIRA TRADICIONAL SOB A ÓTICA DA CONTABILIDADE EMERGÉTICA – CASO FAZENDA SANTA EDWIGES**

Neste capítulo apresenta-se a contabilidade emergética da Fazenda Santa Edwiges. Inicialmente é exposto o levantamento histórico deste sistema leiteiro e, por conseguinte, a referida fazenda é ilustrada em forma de diagramas sistêmicos sob os símbolos da emergia. Logo depois, têm-se a tabela de avaliação emergética e os índices emergéticos.

### **6.1 Caracterização do sistema de produção leiteira da Fazenda Santa Edwiges**

A Fazenda Santa Edwiges está localizada na mesorregião do Campo das Vertentes, em Minas Gerais, mais especificamente na zona rural no município de Lagoa Dourada. Foi constituída há cerca de 20 anos e possui, atualmente, 400 hectares de área. É destinada à atividade de pecuária bovina leiteira, além de possuir criação de muares para a venda e uma plantação de 60 hectares de milho, que é destinado exclusivamente à constituição de volumosos para a alimentação do gado e dos muares. Além da plantação de milho, a Fazenda Santa Edwiges tem 120 hectares de área de preservação ambiental (APP) e reserva legal e, possui, além disso, um córrego que percorre os seus meandros, três represas e um poço artesiano.

A fazenda Santa Edwiges tem, atualmente, 401 cabeças de gado leiteiro da raça Holandesa, uma das que mais produzem leite. Faz uso de tecnologias para o melhoramento da produção e recebe acompanhamento permanente de um zootecnista e de um engenheiro agrônomo. Além disso, recebe consultorias

periódicas de veterinários. Sua produção de leite é considerada elevada, acima dos padrões, chegando a cerca de 3.030 litros de leite por dia.

O sistema produtivo leiteiro da Fazenda Santa Edwiges está classificado, quanto ao modo de criação do gado, no sistema semi-intensivo. Isso porque o gado, no período do inverno, é confinado, sendo alimentado apenas por meio de volumosos. No verão, o gado vai a pastoreio em piquetes e, dessa forma, nesta época ele é alimentado, além dos volumosos, pelas forrageiras. Para complementar a alimentação do gado é oferecida também ração comercial, sal proteinado (de maio a novembro) e sal mineral (de dezembro a abril).

A ordenha nesta fazenda é mecanizada. Assim, logo depois de ter sido retirado pela ordenhadeira, o leite é armazenado em tanques de refrigeração, dentro da própria fazenda. Diariamente, o caminhão da cooperativa recolhe o leite armazenado e o leva para a industrialização.

Em se tratando de uma análise ambiental, cabe destacar que a fazenda em questão faz uso de correção do solo (calcário), capina química (na plantação de milho) e fertilizantes químicos (NPK 09.33.12 e NPK 30.00.18). Além disso, é feito uso também de agressivos químicos contra insetos.

## **6.2 Diagrama sistêmico do sistema de produção leiteira da Fazenda Santa Edwiges**

A confecção do diagrama sistêmico é a segunda etapa da contabilidade emergética. Por meio do diagrama é possível identificar os *inputs* da natureza e os materiais e serviços da economia. Além disso, ilustra também os *outputs* derivados do processo produtivo. O diagrama sistêmico também permite a percepção das interações que ocorrem dentro do sistema analisado, fornecendo, assim, uma visão holística do processo produtivo.

Neste trabalho, optou-se por elaborar dois diagramas sistêmicos de cada fazenda. O primeiro com os insumos e serviços da economia representados de modo sintético e de forma que identifique a troca dos serviços pelo dinheiro. O segundo permite a identificação detalhada dos percursos dos insumos, no entanto, no intuito de evitar uma possível poluição visual do diagrama, não foram identificadas as trocas por dinheiro.

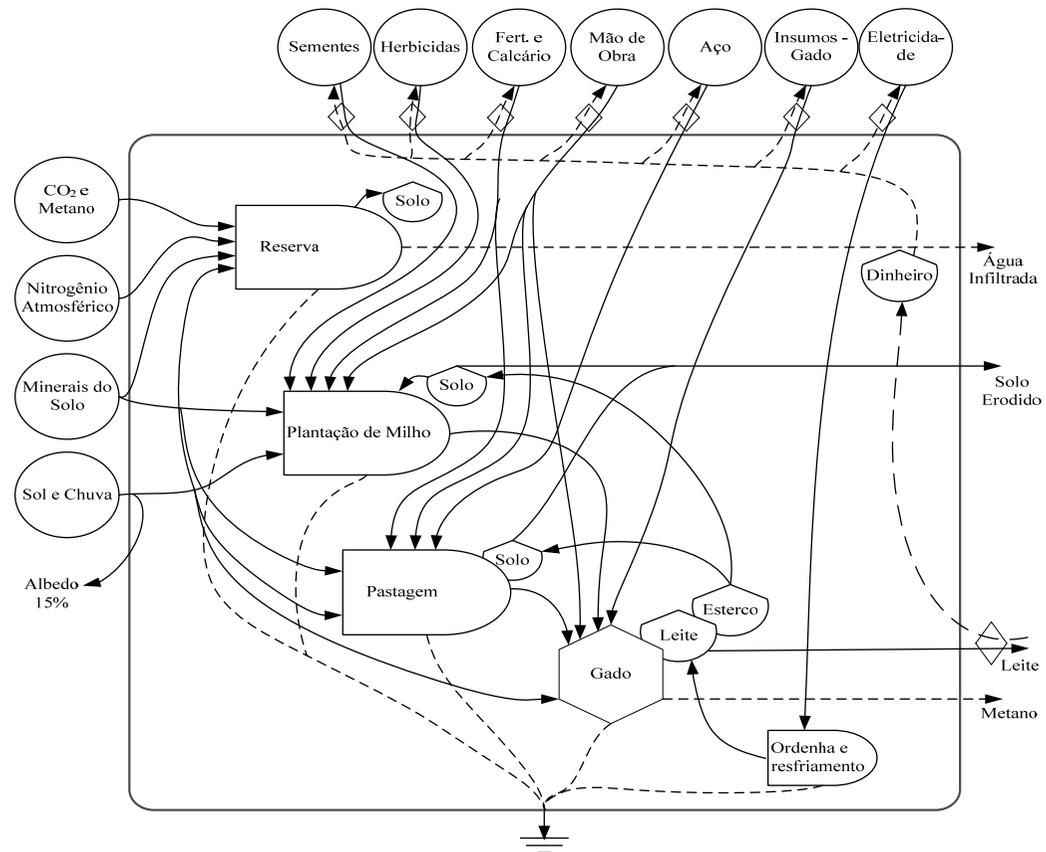


Figura 5 Diagrama sistêmico sintético da Fazenda Santa Edwiges  
 Fonte: Dados da pesquisa

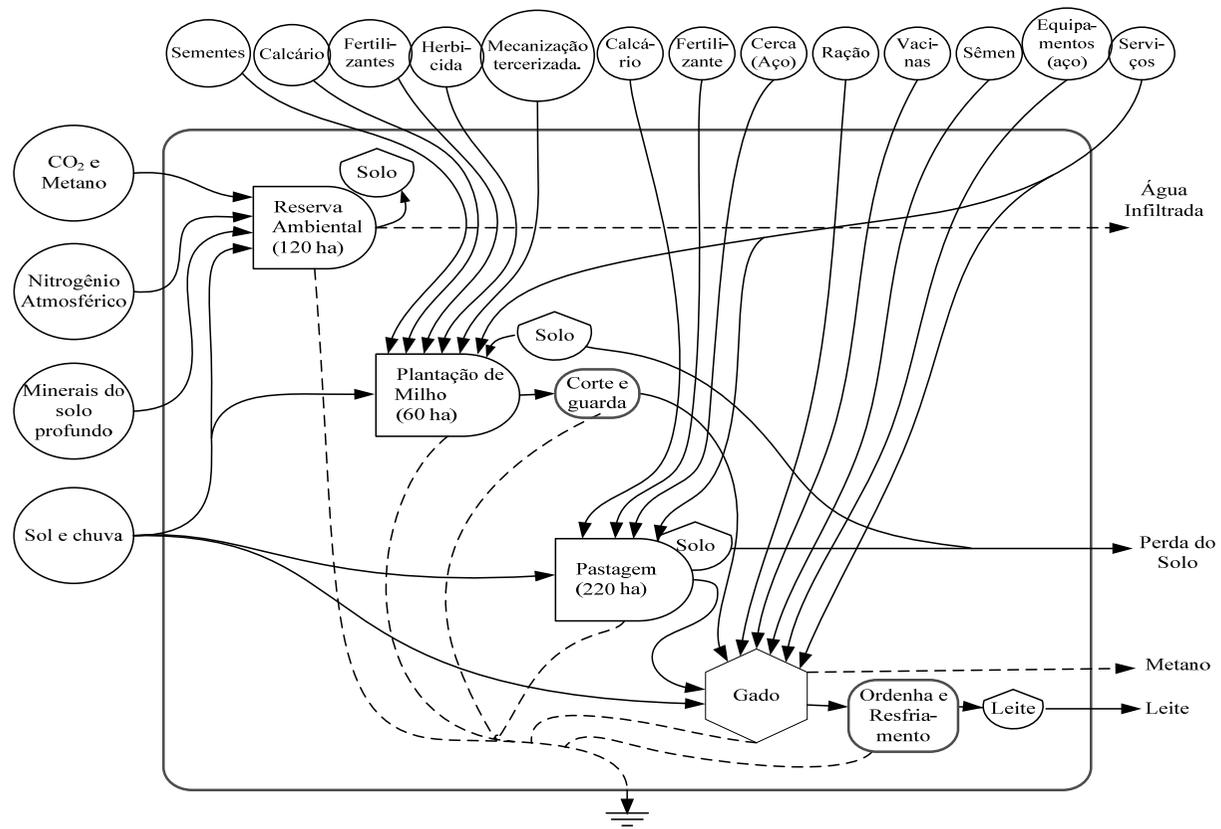


Figura 6 Diagrama sistêmico analítico da Fazenda Santa Edwiges  
 Fonte: Dados da pesquisa

As linhas tracejadas dos *outputs* do sistema identificam saídas que não foram valoradas, mas que são conhecidas. Por exigirem maiores dados ecológicos do sistema que não são conhecidos, estes *outputs* não puderam ser valorados. Dessa forma, optou-se por representar estas saídas com a linha tracejada, ainda que não valoradas, no intuito de demonstrar a ciência de sua existência e a aproximação com a realidade do sistema.

Sobre os *outputs*, a energia emitida pela Fazenda Santa Edwiges com a produção de leite é de  $9,80E+12$  seJ/ano.

Tabela 3 Energia do leite produzido na Fazenda Santa Edwiges

| Produto | Quantidade | Unidade | seJ/unid  | seJ/ano     | seJ/ha/ano |
|---------|------------|---------|-----------|-------------|------------|
| Leite   | 1.104.490  | L       | 8.874.320 | $9,802E+12$ | $2,45E+10$ |

Fonte: Dados da pesquisa

A perda de solo é de  $9,79E+14$  seJ/ha/ano ou  $3,92E+17$  seJ/ano, oriundos da pastagem e da cultura de milho para os volumosos.

Tabela 4 Perda do solo da Fazenda Santa Edwiges

|                           |   |   |            |
|---------------------------|---|---|------------|
| <b>Perda de solo*</b>     |   |   |            |
| Solo perdido              | = | 17458,74  | kg/ha/a    |
| Média da matéria orgânica | = | 2   | %          |
| Conversão                 | = | 5400  | kcal/kg    |
| Conversão                 | = | 4186  | J/kcal     |
| Energia (J)               | = | $(\text{kg/ha/a}) * (\% \text{ m.o./100}) * (5400 \text{ kcal/kg}) * (4186 \text{ J/kcal})$ |            |
| <b>Energia (J)</b>        | = | $7,89E+09$  | J/ha/ano   |
| <b>Energia</b>            | = | $7,89E+9 * 1,24E+5$   |            |
| <b>Energia</b>            | = | $9,79E+14$  | seJ/ha/ano |

\*Maiores detalhes sobre as referências, consultar o memorial de cálculo

Fonte: Dados da pesquisa

Outro ponto que merece destaque nos diagramas é a relação dos subsistemas com o solo. Observa-se que o posicionamento do símbolo solo e do fluxo de energia com a reserva indica que a floresta produz solo. A plantação de milho faz mais uso do solo, ou seja, é uma cultura de caráter mais extrativista. A pastagem encontra-se em uma interação de maior equidade com uso e a produção do solo.

O uso de minerais profundos do solo em relação à plantação de milho e à pastagem também merece destaque. Como esta fazenda faz uso intenso do fertilizante NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), tem-se que tanto o milho quanto a pastagem irão aproveitar estes nutrientes, de mais fácil acesso, em detrimento desses minerais contidos no solo profundo. Dessa forma, considera-se que não existe a interação entre estes nutrientes da natureza com o milho e com as forrageiras.

Após a construção dos diagramas sistêmicos, o próximo passo é a confecção da tabela de avaliação emergética. Nela constam os fluxos de cada insumo do sistema.

### 6.3 Tabela de avaliação emergética do sistema de produção leiteira da Fazenda Santa Edwiges

Tabela 5 Tabela de avaliação emergética da Fazenda Santa Edwiges

| Nota                        | Item             | Fração renovável | Fluxo     | Unidade  | Intensidade emergética | Referência | Energia renovável | Energia não renovável | Energia total   | Energia      |                 |
|-----------------------------|------------------|------------------|-----------|----------|------------------------|------------|-------------------|-----------------------|-----------------|--------------|-----------------|
|                             |                  |                  | (/ha/ano) | (ha/ano) | (seJ/unid)             |            | (seJ/ano)         | (seJ/ano)             | (seJ/ha/ano)    | %            | (Em\$/ano)      |
| <b>RECURSOS DA NATUREZA</b> |                  |                  |           |          |                        |            |                   |                       | <b>3,45E+15</b> | <b>15,30</b> | <b>2,92E+02</b> |
| <b>Renováveis</b>           |                  |                  |           |          |                        |            | <b>2,47E+15</b>   | <b>0,00E+00</b>       | <b>2,47E+15</b> | <b>10,95</b> | <b>2,09E+02</b> |
| 1                           | Sol              | 1                | 5,54E+13  | J        | 1,00E+00               | [a]        | 5,54E+13          | 0,00E+00              | 5,54E+13        | 0,25         | 4,69E+00        |
| 2                           | Chuva            | 1                | 5,85E+10  | J        | 3,06E+04               | [b]        | 1,79E+15          | 0,00E+00              | 1,79E+15        | 7,95         | 1,52E+02        |
| 3                           | Nitrogênio atm.  | 1                | 4,98E+01  | kg       | 7,73E+12               | [a]        | 3,85E+14          | 0,00E+00              | 3,85E+14        | 1,71         | 3,26E+01        |
| 4                           | Minerais do Solo | 1                | 4,98E+01  | kg       | 4,74E+12               | [a]        | 2,36E+14          | 0,00E+00              | 2,36E+14        | 1,05         | 2,00E+01        |
| <b>Não renováveis</b>       |                  |                  |           |          |                        |            | <b>0,00E+00</b>   | <b>9,79E+14</b>       | <b>9,79E+14</b> | <b>4,35</b>  | <b>8,30E+01</b> |
| 5                           | Perda do Solo    | 0                | 7,89E+09  | J        | 1,24E+05               | [b]        | 0,00E+00          | 9,79E+14              | 9,79E+14        | 4,35         | 8,30E+01        |

Tabela 5, continuação

| <b>RECURSOS<br/>DA<br/>ECONOMIA</b> |              |      |          |      |          |     | <b>1,91E+16</b> | <b>84,70</b>    | <b>1,62E+03</b> |              |                 |
|-------------------------------------|--------------|------|----------|------|----------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| <b>Materiais</b>                    |              |      |          |      |          |     | <b>4,66E+14</b> | <b>6,02E+15</b> | <b>6,48E+15</b> | <b>28,79</b> | <b>5,49E+02</b> |
| 6                                   | Ração        | 0,00 | 2,21E+03 | kg   | 3,90E+11 | [c] | 0,00E+00        | 8,60E+14        | 8,60E+14        | 3,82         | 7,29E+01        |
| 7                                   | Sal          | 0,00 | 1,85E+02 | kg   | 2,00E+12 | [d] | 0,00E+00        | 3,71E+14        | 3,71E+14        | 1,65         | 3,14E+01        |
| 8                                   | Calcário     | 0,00 | 2,73E+02 | kg   | 1,00E+12 | [f] | 0,00E+00        | 2,73E+14        | 2,73E+14        | 1,21         | 2,31E+01        |
| 9                                   | Ureia        | 0,00 | 3,75E+01 | kg   | 6,62E+12 | [g] | 0,00E+00        | 2,48E+14        | 2,48E+14        | 1,10         | 2,10E+01        |
| 10                                  | Sêmen        | 0,00 | 3,09E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 0,00E+00        | 3,65E+14        | 3,65E+14        | 1,62         | 3,09E+01        |
|                                     | Vacinas e    |      |          |      |          |     |                 |                 |                 |              |                 |
| 11                                  | medicamentos | 0,00 | 1,40E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 0,00E+00        | 1,65E+14        | 1,65E+14        | 0,73         | 1,40E+01        |
| 12                                  | Nitrogênio   | 0,00 | 4,62E+01 | kg   | 7,73E+12 | [a] | 0,00E+00        | 3,57E+14        | 3,57E+14        | 1,59         | 3,03E+01        |
| 13                                  | Fósforo      | 0,00 | 3,80E+01 | kg   | 6,55E+12 | [a] | 0,00E+00        | 2,49E+14        | 2,49E+14        | 1,10         | 2,11E+01        |
| 14                                  | Potássio     | 0,00 | 3,52E+01 | kg   | 2,92E+12 | [a] | 0,00E+00        | 1,03E+14        | 1,03E+14        | 0,46         | 8,72E+00        |
| 15                                  | Herbicida    | 0,00 | 5,20E-01 | kg   | 2,49E+13 | [f] | 0,00E+00        | 1,30E+13        | 1,30E+13        | 0,06         | 1,10E+00        |
| 16                                  | Aço          | 0,00 | 1,76E+02 | kg   | 1,13E+13 | [b] | 0,00E+00        | 1,99E+15        | 1,99E+15        | 8,84         | 1,69E+02        |
| 17                                  | Plástico     | 0,00 | 9,15E-02 | kg   | 9,49E+12 | [h] | 0,00E+00        | 8,68E+11        | 8,68E+11        | 0,00         | 7,36E-02        |
|                                     | Construção   |      |          |      |          |     |                 |                 |                 |              |                 |
| 18                                  | civil        | 0,05 | 5,06E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 2,99E+13        | 5,67E+14        | 5,97E+14        | 2,65         | 5,06E+01        |
|                                     | Poço         |      |          |      |          |     |                 |                 |                 |              |                 |
| 19                                  | artesiano    | 0,05 | 1,65E+00 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 9,74E+11        | 1,85E+13        | 1,95E+13        | 0,09         | 1,65E+00        |
| 20                                  | Sementes     | 0,50 | 6,87E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 4,05E+14        | 4,05E+14        | 8,10E+14        | 3,60         | 6,87E+01        |
| 21                                  | Eletricidade | 0,50 | 3,62E+08 | J    | 1,65E+05 | [a] | 2,99E+13        | 2,99E+13        | 5,98E+13        | 0,27         | 5,07E+00        |

Tabela 5, conclusão

| <b>Serviços</b>      |               |      |          |      |              | <b>4,62E+15</b> | <b>7,97E+15</b> | <b>1,26E+16</b> | <b>55,91</b> | <b>1,07E+03</b> |
|----------------------|---------------|------|----------|------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| Mecanização          |               |      |          |      |              |                 |                 |                 |              |                 |
| 22                   | terceirizada  | 0,00 | 1,66E+02 | US\$ | 1,18E+13 [e] | 0,00E+00        | 1,96E+15        | 1,96E+15        | 8,70         | 1,66E+02        |
| 23                   | Telefone      | 0,00 | 1,58E+01 | US\$ | 1,18E+13 [e] | 0,00E+00        | 1,87E+14        | 1,87E+14        | 0,83         | 1,58E+01        |
| Manutenção           |               |      |          |      |              |                 |                 |                 |              |                 |
| 24                   | máq. e inst.  | 0,10 | 7,43E+00 | US\$ | 1,18E+13 [e] | 8,76E+12        | 7,89E+13        | 8,76E+13        | 0,39         | 7,43E+00        |
| Assistência          |               |      |          |      |              |                 |                 |                 |              |                 |
| 25                   | técnica       | 0,10 | 5,45E+01 | US\$ | 1,18E+13 [e] | 6,43E+13        | 5,78E+14        | 6,43E+14        | 2,85         | 5,45E+01        |
| 26                   | Contabilidade | 0,10 | 1,66E+01 | US\$ | 1,18E+13 [e] | 1,96E+13        | 1,77E+14        | 1,96E+14        | 0,87         | 1,66E+01        |
| 27                   | Tributos      | 0,10 | 4,93E+01 | US\$ | 1,18E+13 [e] | 5,81E+13        | 5,23E+14        | 5,81E+14        | 2,58         | 4,93E+01        |
| Mão de obra          |               |      |          |      |              |                 |                 |                 |              |                 |
| 28                   | + tributos    | 0,50 | 7,57E+02 | US\$ | 1,18E+13 [e] | 4,47E+15        | 4,47E+15        | 8,94E+15        | 39,69        | 7,57E+02        |
| <b>EMERGIA TOTAL</b> |               |      |          |      |              |                 |                 | <b>2,25E+16</b> | <b>100</b>   | <b>1,91E+03</b> |

(\*) Os valores das transformidades foram atualizados de acordo com o baseline revisado por Odum, Brown e Williams (2000)

As transformidades de materiais estão com "labour and services".

Em dólar Brasil =

1,18E+13 seJ/US\$

Referência: Sweeney et al. (2007)

**Referências:** [a] Odum (1996), [b] Brown e Ulgiati (2004), [c] Ulgiati et al. (1995), [d] Ortega et al. (2001), [e] Swenney et al. (2007), [f] Brandt-Williams (2002), [g] Cuadra e Rydberg (2006) e [h] Buranakarn (1998)

Por meio da análise da tabela de avaliação emergética é possível identificar a participação de cada insumo no processo produtivo da Fazenda Santa Edwiges. Nesse sentido, a participação da natureza no sistema corresponde a 15,30% da energia despendida; destes, 10,95% são de recursos renováveis e 4,35% de recursos não-renováveis. Dos recursos da natureza, a chuva é o item que possui maior representatividade na energia total, com 7,95%, seguido pela perda do solo com 4,35%. Destaca-se que a perda do solo configura-se como um recurso da natureza não-renovável. O item que possui menor representatividade neste sistema é o sol, com 0,25%. Esta menor representatividade do sol decorre do fato de a transformidade do sol ser 1; seJ/J por definição, as transformidades dos outros recursos da natureza são bem maiores, como, por exemplo, o da perda do solo  $1,24E+5$  seJ/J.

Os insumos da economia representam 84,70% da energia na produção de leite da Fazenda Santa Edwiges. Os materiais da economia somam 28,79% e os serviços da economia representam 55,91%, um valor considerado alto. O fato do subitem serviços estar com um valor tão elevado justifica-se, principalmente, pelo item mão de obra e tributos incidentes sobre a folha de pagamento, com 39,69%. O referido valor deriva do fato de esta fazenda ter muitos empregados e pagar por esta mão de obra um valor bem acima do valor médio de mercado, o que foi confirmado pelo próprio agente administrativo. Esta alta representatividade da mão de obra na energia total é um fato positivo, pois indica um valor social agregado na energia despendida pela geração de emprego.

Ainda sobre a mão de obra e seus tributos, observa-se que ela possui uma taxa de renovabilidade na ordem de 50%. Esta taxa de renovabilidade da mão de obra leva em consideração o estilo de vida do trabalhador, se ele mora no campo ou na cidade e suas formas de consumo. No caso desta fazenda, a grande maioria de seus trabalhadores reside na zona urbana. Dessa forma, a sua

taxa de renovabilidade reflete este fato. Destaca-se que o item mecanização terceirizada também representa uma parcela significativa da emergia nesta fazenda. Isto ocorre pelo fato de esta fazenda terceirizar toda a parte de plantio e colheita do milho.

Ainda sobre os serviços da economia, os menos representativos são a manutenção de máquinas e instalações, com 0,39%; o telefone, com 0,83% e a contabilidade, com 0,87% da emergia total despendida com a produção de leite da Fazenda Santa Edwiges.

Sobre os materiais da economia, os itens que têm maior representatividade são o aço, que faz parte da composição do maquinário para ordenha e resfriamento do leite e das cercas que perfazem os piquetes, com 8,84%; a ração, com 3,82%; as sementes para a plantação de milho, com 3,6% e o fertilizante NPK, com 3,15% (somatório dos itens nitrogênio, fósforo e potássio). Enfatiza-se que, destes elementos, apenas a semente tem grau de renovabilidade. Os materiais da economia menos representativos são o plástico, com 0,004%; o herbicida, com 0,06%; o poço artesiano, com 0,09% e a eletricidade, com 0,27% da emergia total despendida com a produção de leite da Fazenda Santa Edwiges.

A emergia total gasta na Fazenda Santa Edwiges no processo de produção leiteira é de  $2,25E+16$  seJ/ha/ano. Em outros termos, a emergia da unidade produtiva é de  $9,01E+18$  seJ/ano ( $2,31E+16*400ha$ ). Após a confecção da tabela de avaliação emergética, o próximo passo é o cálculo dos índices emergéticos.

#### 6.4 Índices e avaliação emergética do sistema de produção leiteira da Fazenda Santa Edwiges

Antes do cálculo dos índices emergéticos, fez-se uma compilação das principais informações contidas na tabela de avaliação emergética, como se observa na Tabela 6.

Tabela 6 Compilação dos dados principais da tabela de avaliação emergética da Fazenda Santa Edwiges

| <b>Fluxos de energia</b>              |                    | <b>seJ/ano</b>  |
|---------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Recursos naturais renováveis - R      |                    | 2,47E+15        |
| Recursos naturais não-renováveis - N  |                    | 9,79E+14        |
| <b>Total de recursos naturais - I</b> | <b>(I = R + N)</b> | <b>3,45E+15</b> |
| Materiais da economia - M             |                    | <b>6,48E+15</b> |
| MR                                    |                    | 4,66E+14        |
| MN                                    |                    | 6,02E+15        |
| Serviços da economia - S              |                    | <b>1,26E+16</b> |
| SR                                    |                    | 4,62E+15        |
| SN                                    |                    | 7,97E+15        |
| <b>Feedback da economia - F</b>       | <b>(F = M + S)</b> | <b>1,91E+16</b> |
| <b>Externalidades</b>                 |                    | <b>0</b>        |
| <b>Energia incorporada - Y</b>        | <b>(Y = I + F)</b> | <b>2,25E+16</b> |
| <b>Valor emergético - Em\$</b>        | <b>1,91E+03</b>    | <b>Em\$/ano</b> |

Fonte: Dados da pesquisa

Além dos dados da tabela de avaliação emergética, para se calcular a transformidade do leite é necessário, antes, saber qual é a energia total deste produto produzido no ano. Tem-se que a produção anual da Fazenda Santa Edwiges é de cerca de 1.104.490 litros de leite. Dessa forma, após os cálculos, obteve-se que a energia deste produto (EP) é de 2,45E+10 seJ/ha/ano.

| Produto | Quantidade | Unidade | seJ/unid. | seJ/ano   | seJ/ha/ano |
|---------|------------|---------|-----------|-----------|------------|
| Leite   | 1.104.490  | L       | 8874320   | 9,802E+12 | 2,45E+10   |

Fonte: Dados da pesquisa

Por meio da coletânea dos dados e da conjectura da energia do leite foi possível calcular os indicadores emergéticos da Fazenda Santa Edwiges, que são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 Índices emergéticos da Fazenda Santa Edwiges

| Indicador                        | Cálculo                          | Valor    | Unidade      |
|----------------------------------|----------------------------------|----------|--------------|
| Transformidade do leite          | $Tr = Y/Ep$                      | 9,19E+05 | seJ/J        |
| Renovabilidade                   | $\%R = (R/Y) \times 100$         | 33,54    | %            |
| Razão de investimento emergético | $EIR = F/I$                      | 5,5348   | adimensional |
| Razão do rendimento emergético   | $EYR = Y/F$                      | 1,1807   | adimensional |
| Razão de carga ambiental         | $ELR = (N+MN+SN)/(R+MR+SR)$      | 1,98     | adimensional |
| Razão de intercâmbio de energia  | $EER = Y/[(\$) \times (seJ/\$)]$ | 0,47     | adimensional |

Fonte: Dados da pesquisa

Neste capítulo foram apresentados os resultados, a partir dos procedimentos da contabilidade emergética, da análise ambiental da Fazenda Santa Edwiges. Cabe lembrar que este relatório refere-se apenas ao primeiro caso individual. No capítulo que segue seguem-se as mesmas etapas referentes à análise ambiental da Fazenda Boa Vida.

## **7 O SISTEMA DE PRODUÇÃO DE LEITE SILVIPASTORIL, SOB A ÓTICA DA CONTABILIDADE EMERGÉTICA, FAZENDA BOA VIDA**

Neste capítulo apresenta-se a contabilidade emergética da Fazenda Boa Vida. Inicialmente, é exposto o levantamento histórico deste sistema leiteiro. Por conseguinte, esta fazenda é representada em forma de diagramas sistêmicos sob os símbolos da emergia. Logo após tem-se a tabela de avaliação emergética e, por fim, os índices emergéticos.

### **7.1 Caracterização do sistema de produção leiteira da Fazenda Boa Vida**

A Fazenda Boa Vida está localizada na mesorregião do Campo das Vertentes, em Minas Gerais, mais especificamente na zona rural no município de Lavras. A propriedade foi constituída há cerca de 26 anos e atualmente tem 41 hectares de área. É destinada exclusivamente para a atividade de pecuária bovina leiteira. Destaca-se também que, para a produção de volumosos para o gado, são destinados 18 hectares de plantação de milho. Além da plantação de milho, a fazenda tem 8,2 hectares de reserva legal e, além disso, um poço artesiano em suas delimitações.

Uma particularidade da fazenda Boa Vida consiste em sua plantação de eucaliptos. Estes eucaliptos formam um cinturão nos piquetes da fazenda e permitem sombreamento para o gado e benefícios ao solo, como, por exemplo, a ciclagem dos nutrientes. O plantio de eucalipto nesta fazenda foi feito há 22 anos. Dessa forma, pode-se considerar que este é um plantio maduro. Há cerca de dois anos, uma parte dos eucaliptos foi cortada, tendo em vista que, devido ao tamanho que estes eucaliptos alcançaram e ao pouco espaçamento entre uma árvore e outra, estavam ocasionando sombreamento excessivo, prejudicando o crescimento das forrageiras. Salienta-se que este excesso de sombreamento

somente ocorreu devido ao fato de que uma árvore estava plantada a uma distância de apenas três metros da outra, devido à falta de orientação técnica na época em que foram plantados. O ideal é que o plantio seja realizado com espaçamento de cerca de oito metros entre os eucaliptos. Para solucionar esta questão, alguns eucaliptos foram cortados. Este corte deu-se de forma alternada, no intuito de preservar os benefícios ecológicos proporcionados por estas arbóreas.

Na Fazenda Boa Vida, atualmente, existem 178 cabeças de gado leiteiro da raça Holandesa, uma das que mais produzem leite. Três empregados desempenham toda a atividade operacional do sistema de produção e a propriedade recebe assistência técnica de um veterinário.

O sistema produtivo leiteiro da Fazenda Boa Vida está classificado, quanto ao modo de criação do gado, no sistema semi-intensivo, assim como a fazenda Santa Edwiges. Isso porque, no período do inverno, o gado é confinado, sendo alimentado apenas por meio de volumosos. No verão, os animais vão a pastoreio em piquetes e, dessa forma, nesta época, ele é alimentado, além dos volumosos, pelas forrageiras. Para complementar a alimentação do gado são oferecidos também ração comercial, sal proteínado (de maio a novembro) e sal mineral (de dezembro a abril).

A ordenha nesta fazenda também é realizada de modo mecanizado. Logo depois ter sido retirado pela ordenhadeira, o leite é armazenado em tanques de refrigeração, dentro da própria fazenda. Periodicamente, o caminhão da cooperativa recolhe o leite armazenado e o leva para a industrialização.

Em se tratando de uma análise ambiental, cabe destacar que a fazenda em questão faz uso de correção do solo (calcário) e capina química (na plantação de milho), mas não emprega fertilizantes químicos (NPK). Utilizam-se também agressivos químicos contra insetos na plantação de milho, mas em pequenas quantidades.

## **7.2 Diagrama sistêmico da produção leiteira da Fazenda Boa Vida**

Após o levantamento do histórico e das particularidades da Fazenda Boa Vida, o próximo passo, seguindo os preceitos da contabilidade emergética, é a confecção do diagrama sistêmico, que é a segunda etapa deste processo. O diagrama sistêmico permite a compreensão de como funciona o sistema, ou seja, seus componentes, os fluxos de energia e suas interações, os estoques de energia, entre outros.

A confecção do diagrama sistêmico da Fazenda Boa Vida com os limites de seu sistema permite identificar todos os fluxos de entrada e saída importantes que cruzam as fronteiras desta fazenda. Cada um desses fluxos se converte em uma linha que vai desde a fonte até o(s) componente(s) que a utiliza(m). O diagrama sistêmico também permite a percepção das interações que ocorrem dentro do sistema analisado, fornecendo, assim, uma visão holística do processo produtivo.

Para a Fazenda Boa Vida, também se optou por elaborar dois diagramas sistêmicos, sendo o primeiro com os insumos e serviços da economia representados de modo sintético e que identifiquem a troca dos serviços pelo dinheiro e o segundo permitindo a identificação detalhada dos percursos dos insumos. No entanto, no intuito de evitar uma possível poluição visual do diagrama, não foram identificadas as trocas por dinheiro.

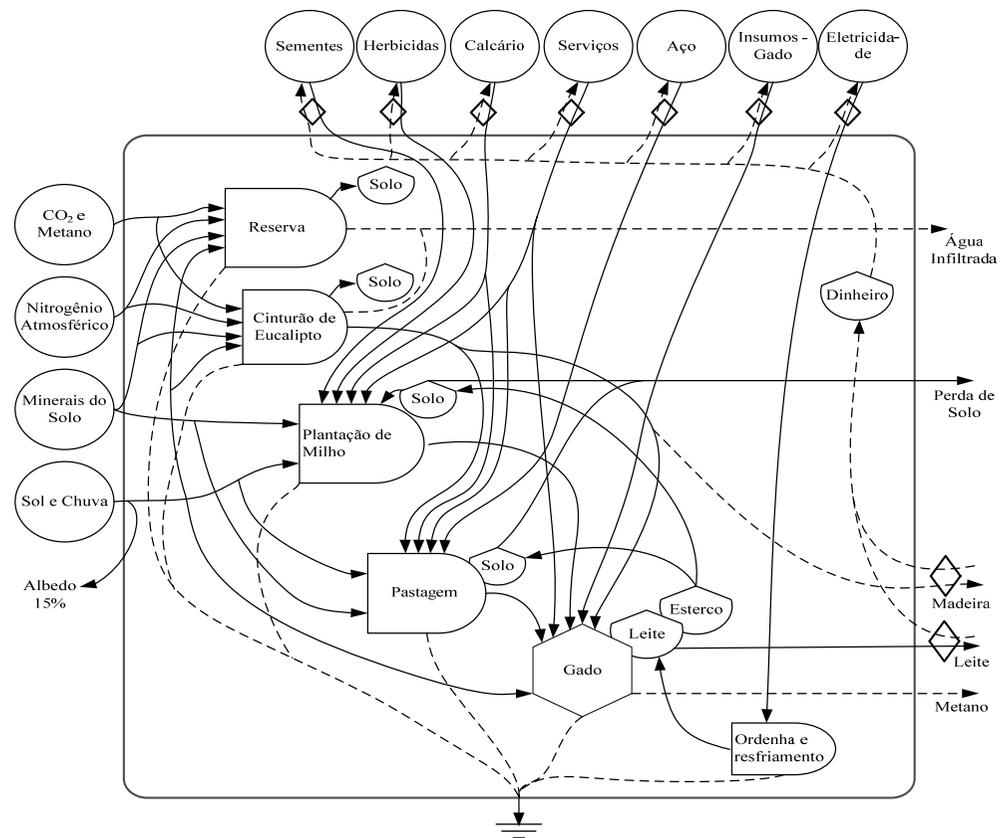


Figura 7 Diagrama sistêmico sintético da Fazenda Boa Vida  
 Fonte: Dados da pesquisa

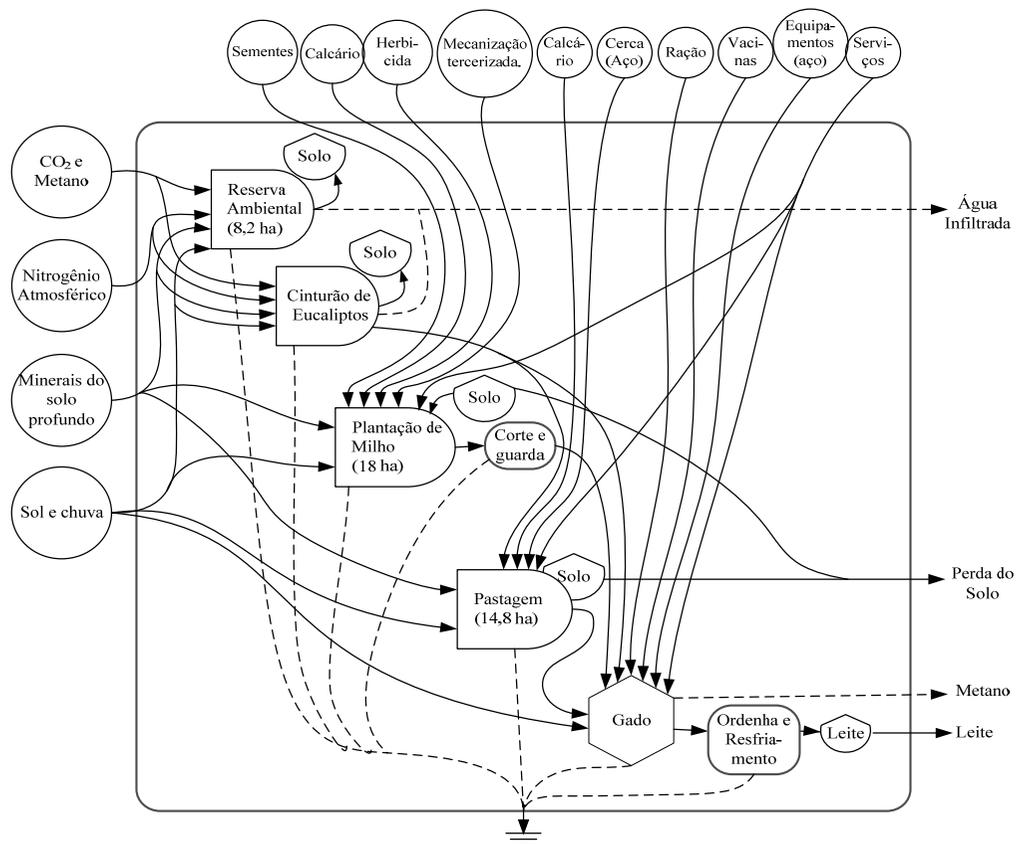


Figura 8 Diagrama sistêmico analítico da Fazenda Boa Vida  
 Fonte: Dados da pesquisa

Assim como nos diagramas da Fazenda Santa Edwiges, as linhas tracejadas dos *outputs* do sistema da Fazenda Boa Vida identificam saídas que não foram valoradas, mas que são conhecidas. Por exigirem maiores dados ecológicos do sistema que não são conhecidos, estes *outputs* não puderam ser valorados. Dessa forma, optou-se por representar essas saídas com a linha tracejada, ainda que não valoradas, no intuito de demonstrar a ciência de sua existência e a aproximação com a realidade do sistema.

Além da energia total que suporta o sistema, é preciso conhecer a energia produzida pelo sistema, ressaltando que é contabilizada somente a energia que cruza as fronteiras do sistema. Assim, a energia emitida pela Fazenda Boa Vida com a produção de leite é de  $6,48E+12$  seJ/ano.

Tabela 8 Energia do leite produzido na Fazenda Boa Vida

| Produto | Quantidade | Unidade | seJ/unid. | seJ/ano    | seJ/ha/ano |
|---------|------------|---------|-----------|------------|------------|
| Leite   | 730.000    | L       | 8.874.320 | $6,48E+12$ | $1,58E+11$ |

Fonte: Dados da pesquisa

A perda de solo é de  $9,79E+14$  seJ/ha/ano ou  $4,01E+16$  seJ/ano, oriundos da pastagem e da cultura de milho para os volumosos.

Tabela 9 Perda do solo da Fazenda Boa Vida

|                           |   |   |          |
|---------------------------|---|---|----------|
| <b>Perda de solo*</b>     |   |   |          |
| Solo perdido              | = | 17458,74  | kg/ha/a  |
| Média da matéria orgânica | = | 2   | %        |
| Conversão                 | = | 5400  | kcal/kg  |
| Conversão                 | = | 4186  | J/kcal   |
| Energia (J)               | = | $(\text{kg/ha/a}) * (\% \text{ m.o.} / 100) * (5400 \text{ kcal/kg}) * (4186 \text{ J/kcal})$ |          |
| <b>Energia (J)</b>        | = | $7,89E+09$  | J/ha/ano |
| <b>Energia</b>            | = | $7,89E+9 * 1,24E+5$   |          |
| <b>Energia</b>            | = | $9,79E+14$  | seJ/ano  |

\* Para maiores detalhes sobre as referências consultar o Memorial de Cálculo

Fonte: Dados da pesquisa

Outro ponto que merece destaque nos diagramas é a relação dos subsistemas com o solo. Observa-se que o posicionamento do símbolo solo e do fluxo de energia com a reserva indica que a floresta e os eucaliptos produzem solo. A plantação de milho faz mais uso do solo, ou seja, é uma cultura de caráter mais extrativista. A pastagem encontra-se em uma interação de maior equidade com o uso e a produção do solo.

O uso de minerais profundos do solo em relação à plantação de milho e à pastagem também merece destaque. Diferentemente da Fazenda Santa Edwiges, em que se faz uso intenso do fertilizante NPK (nitrogênio, fósforo e potássio), na Fazenda Boa Vida não há emprego de fertilizantes. Dessa forma, as forrageiras e a plantação de milho aproveitam com maior intensidade os minerais existentes no solo. Ao contrário do NPK, que não possui renovabilidade, os minerais do solo profundo possuem 100% de renovabilidade.

Após a construção dos diagramas sistêmicos, o próximo passo é a confecção da tabela de avaliação emergética. Nela constam os fluxos de cada insumo do sistema.

### 7.3 Tabela de avaliação emergética do sistema de produção leiteira da Fazenda Boa Vida

Tabela 10 Tabela de avaliação emergética da Fazenda Boa Vida

| Nota                        | Item             | Fração renovável | Fluxo    | Unidade  | Intensidade emergética | Referência | Energia renovável | Energia não renovável | Energia total   | Energia     |                 |
|-----------------------------|------------------|------------------|----------|----------|------------------------|------------|-------------------|-----------------------|-----------------|-------------|-----------------|
|                             |                  |                  |          | (ha/ano) | (seJ/unidade)          |            | (seJ/ano)         | (seJ/ano)             | %               | (em \$/ano) |                 |
| <b>RECURSOS DA NATUREZA</b> |                  |                  |          |          |                        |            | <b>3,92E+15</b>   | <b>9,79E+14</b>       | <b>4,90E+15</b> | <b>9,82</b> | <b>8,30E+01</b> |
| <b>Renováveis</b>           |                  |                  |          |          |                        |            | <b>3,92E+15</b>   | <b>0,00E+00</b>       | <b>3,92E+15</b> | <b>7,86</b> | <b>3,32E+02</b> |
| 1                           | Sol              | 1,00             | 5,54E+13 | J        | 1,00E+00               | [a]        | 5,54E+13          | 0,00E+00              | 5,54E+13        | <b>0,11</b> | 4,69E+00        |
| 2                           | Chuva            | 1,00             | 5,85E+10 | J        | 3,06E+04               | [b]        | 1,79E+15          | 0,00E+00              | 1,79E+15        | <b>3,59</b> | 1,52E+02        |
| 3                           | Nitrogênio Atm.  | 1,00             | 1,66E+02 | kg       | 7,73E+12               | [a]        | 1,28E+15          | 0,00E+00              | 1,28E+15        | <b>2,57</b> | 1,09E+02        |
| 4                           | Minerais do Solo | 1,00             | 1,66E+02 | kg       | 4,74E+12               | [a]        | 7,87E+14          | 0,00E+00              | 7,87E+14        | <b>1,58</b> | 6,67E+01        |
| <b>Não Renováveis</b>       |                  |                  |          |          |                        |            | <b>0,00E+00</b>   | <b>9,79E+14</b>       | <b>9,79E+14</b> | <b>1,96</b> | <b>8,30E+01</b> |
| 5                           | Perda do Solo    | 0,00             | 7,89E+11 | J        | 1,24E+05               | [b]        | 0,00E+00          | 9,79E+14              | 9,79E+14        | <b>1,96</b> | 8,30E+01        |

Tabela 10, continuação

| <b>RECURSOS<br/>DA<br/>ECONOMIA</b> |              |      |          |      |          | <b>1,60E+16</b> | <b>2,89E+16</b> | <b>4,50E+16</b> | <b>90,18</b> | <b>3,81E+03</b> |          |
|-------------------------------------|--------------|------|----------|------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|----------|
| <b>Materiais</b>                    |              |      |          |      |          | <b>1,82E+15</b> | <b>1,78E+16</b> | <b>1,96E+16</b> | <b>39,32</b> | <b>1,66E+03</b> |          |
| 6                                   | Ração        | 0,00 | 4,34E+03 | kg   | 3,90E+11 | [c]             | 0,00E+00        | 1,69E+15        | 1,69E+15     | 3,40            | 1,43E+02 |
| 7                                   | Sal          | 0,00 | 8,03E+02 | kg   | 2,00E+12 | [d]             | 0,00E+00        | 1,61E+15        | 1,61E+15     | 3,22            | 1,36E+02 |
| 8                                   | Calcário     | 0,00 | 1,83E+02 | kg   | 1,00E+12 | [f]             | 1,83E+12        | 1,81E+14        | 1,83E+14     | 0,37            | 1,55E+01 |
| 9                                   | Ureia        | 0,00 | 8,68E+01 | kg   | 6,62E+12 | [g]             | 0,00E+00        | 5,75E+14        | 5,75E+14     | 1,15            | 4,87E+01 |
|                                     | Vacinas e    |      |          |      |          |                 |                 |                 |              |                 |          |
| 10                                  | medicamento  | 0,00 | 6,06E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e]             | 0,00E+00        | 7,16E+14        | 7,16E+14     | 1,44            | 6,06E+01 |
| 11                                  | Herbicida    | 0,00 | 8,78E-01 | kg   | 2,49E+13 | [f]             | 0,00E+00        | 2,19E+13        | 2,19E+13     | 0,04            | 1,85E+00 |
| 12                                  | Aço          | 0,00 | 1,85E+02 | kg   | 1,13E+13 | [b]             | 0,00E+00        | 2,09E+15        | 2,09E+15     | 4,20            | 1,77E+02 |
| 13                                  | Plástico     | 0,00 | 8,93E-01 | kg   | 9,49E+12 | [h]             | 0,00E+00        | 8,47E+12        | 8,47E+12     | 0,02            | 7,18E-01 |
|                                     | Construção   |      |          |      |          |                 |                 |                 |              |                 |          |
| 14                                  | civil        | 0,05 | 8,37E+02 | US\$ | 1,18E+13 | [e]             | 4,94E+14        | 9,38E+15        | 9,88E+15     | 19,81           | 8,37E+02 |
|                                     | Poço         |      |          |      |          |                 |                 |                 |              |                 |          |
| 15                                  | artesiano    | 0,05 | 1,61E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e]             | 9,50E+12        | 1,80E+14        | 1,90E+14     | 0,38            | 1,61E+01 |
| 16                                  | Sementes     | 0,50 | 2,01E+02 | US\$ | 1,18E+13 | [e]             | 1,19E+15        | 1,19E+15        | 2,37E+15     | 4,76            | 2,01E+02 |
| 17                                  | Eletricidade | 0,50 | 1,56E+09 | J    | 1,65E+05 | [a]             | 1,28E+14        | 1,28E+14        | 2,57E+14     | 0,52            | 2,18E+01 |
| 18                                  | Eucalipto    | 0,50 | 5,12E-01 | US\$ | 1,18E+13 | [e]             | 3,02E+12        | 3,02E+12        | 6,04E+12     | 0,01            | 5,12E-01 |
| <b>Serviços</b>                     |              |      |          |      |          | <b>1,42E+16</b> | <b>1,11E+16</b> | <b>2,54E+16</b> | <b>50,87</b> | <b>2,15E+03</b> |          |
|                                     | Mecanização  |      |          |      |          |                 |                 |                 |              |                 |          |
| 19                                  | terceirizada | 0,00 | 2,41E+02 | US\$ | 1,18E+13 | [e]             | 0,00E+00        | 2,85E+15        | 2,85E+15     | 5,72            | 2,41E+02 |
|                                     | Manutenção   |      |          |      |          |                 |                 |                 |              |                 |          |
| 20                                  | Máq. e Inst. | 0,10 | 4,83E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e]             | 5,70E+13        | 5,13E+14        | 5,70E+14     | 1,14            | 4,83E+01 |

Tabela 10, conclusão

|                |               |      |          |      |          |     |          |                 |            |                 |          |
|----------------|---------------|------|----------|------|----------|-----|----------|-----------------|------------|-----------------|----------|
|                | Assistência   |      |          |      |          |     |          |                 |            |                 |          |
| 21             | técnica       | 0,10 | 2,41E+02 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 2,85E+14 | 2,56E+15        | 2,85E+15   | 5,72            | 2,41E+02 |
| 22             | Contabilidade | 0,10 | 7,24E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 8,55E+13 | 7,69E+14        | 8,55E+14   | 1,71            | 7,24E+01 |
| 23             | Tributos      | 0,10 | 9,66E+01 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 1,14E+14 | 1,03E+15        | 1,14E+15   | 2,29            | 9,66E+01 |
|                | Mão de obra   |      |          |      |          |     |          |                 |            |                 |          |
| 24             | + tributos    | 0,80 | 1,45E+03 | US\$ | 1,18E+13 | [e] | 1,37E+16 | 3,42E+15        | 1,71E+16   | 34,29           | 1,45E+03 |
| <b>EMERGIA</b> |               |      |          |      |          |     |          | <b>4,99E+16</b> | <b>100</b> | <b>4,22E+03</b> |          |
| <b>TOTAL</b>   |               |      |          |      |          |     |          |                 |            |                 |          |

(\*) Os valores das transformidades foram atualizados de acordo com o *baseline* revisado por Odum, Brown e Williams (2000)

As transformidades de materiais estão com "labour and services".

Em dólar Brasil =

1,18E+13

seJ/US\$

Referência:

Sweeney et al. (2007)

**Referências:** [a] Odum (1996), [b] Brown e Ulgiati (2004), [c] Ulgiati et al.(1995), [d] Ortega et al. (2001), [e] Swenney et al. (2007),[f] Brandt- Williams (2002), [g] Cuadra e Rydberg (2006) e [h] Buranakarn (1998)

Por meio da análise da tabela de avaliação emergética é possível identificar a participação de cada insumo no processo produtivo da Fazenda Santa Edwiges. Nesse sentido, a participação da natureza no sistema corresponde a 9,82% da energia despendida, dos quais 7,86% são de recursos renováveis e 1,96% de recursos não-renováveis. Dos recursos da natureza, a chuva é o item que tem maior representatividade na energia total, com 3,59%, seguido pelo nitrogênio atmosférico, com 2,57% e pela perda do solo, com 1,96%. Destaca-se que a perda do solo configura-se como um recurso da natureza não-renovável. O item que tem menor representatividade neste sistema é o sol, com 0,11%. Esta menor representatividade do sol decorre do fato de que a transformidade do sol é 1 seJ/J por definição, ao passo que as transformidades dos outros recursos da natureza são bem maiores, como, por exemplo, o da perda do solo,  $1,24E+5$  seJ/J.

Os insumos da economia representam 90,18% da energia na produção de leite da Fazenda Boa Vida. Os materiais da economia somam 39,32% e os serviços da economia representam 50,87%, um valor considerado alto. O fato de o subitem serviços estar com um valor tão elevado justifica-se, principalmente, pelo item mão de obra e tributos incidentes sobre a folha de pagamento, com 34,29%. Apesar do baixo número de postos de trabalho gerados por esta fazenda, ainda assim a sua representatividade no valor de energia por hectare anual é alta.

Ainda sobre a mão de obra e seus tributos, observa-se que ela possui uma taxa de renovabilidade na ordem de 80% para a Fazenda Boa Vida. Esta taxa de renovabilidade da mão de obra leva em consideração o estilo de vida do trabalhador, se ele mora no campo ou na cidade e suas formas de consumo. No caso desta fazenda, todos os trabalhadores residem na zona rural e, dessa forma, a sua taxa de renovabilidade reflete este fato.

Destaca-se que o item mecanização terceirizada também representa uma parcela significativa da emergia nesta fazenda, com 5,72%. Isso ocorre pelo fato de esta fazenda terceirizar toda a parte de plantio do milho. Juntamente com a terceirização mecanizada, o item assistência técnica também representa 5,72% do total da emergia utilizada na produção de leite desta fazenda. Ainda sobre os serviços da economia, os menos representativos são a manutenção de máquinas e instalações, com 1,14%; a contabilidade, com 1,71% e os tributos, com 2,29%.

Sobre os materiais da economia, os itens de maior representatividade são a construção civil, com 19,81%; as sementes para a plantação de milho, com 4,76%; o aço, que faz parte da composição do maquinário para ordenha e resfriamento do leite e das cercas que perfazem os piquetes, com 4,20%; a ração, com 3,40% e o sal, com 3,22%. Enfatiza-se que, destes elementos, apenas as sementes e a construção civil têm grau de renovabilidade, o primeiro com taxa de 50% e o segundo, com apenas 5%. Os materiais da economia menos representativos são o eucalipto, com 0,01%; o plástico, com 0,02%; o herbicida, com 0,04%; o calcário, com 0,37% e o poço artesiano, com 0,38% da emergia total utilizada na produção de leite da Fazenda Boa Vida.

A emergia total gasta na Fazenda Boa Vida no processo de produção leiteira é de  $4,99E+16$  seJ/ha/ano. Em outros termos, a emergia da unidade produtiva é de  $2,04E+18$  seJ/ano ( $4,99E+16 \cdot 41$  ha). Após a confecção da tabela de avaliação emergética, o próximo passo é o cálculo dos índices emergéticos.

#### **7.4 Índices e avaliação emergética da Fazenda Boa Vida**

Antes do cálculo dos índices emergéticos, fez-se uma compilação das principais informações contidas na tabela de avaliação emergética, como se observa na Tabela 10.

Tabela 11 Compilação dos dados principais da tabela de avaliação emergética da Fazenda Boa Vida

| <b>Fluxos de energia</b>              |                    | <b>seJ/ano</b>                  |
|---------------------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Recursos naturais renováveis - R      |                    | 3,92E+15                        |
| Recursos naturais não-renováveis - N  |                    | 9,79E+14                        |
| <b>Total de Recursos Naturais - I</b> | <b>(I = R + N)</b> | <b>4,90E+15</b>                 |
| Materiais da economia - M             |                    | <b>1,96E+16</b>                 |
| MR                                    |                    | 1,82E+15                        |
| MN                                    |                    | 1,78E+16                        |
| Serviços da economia - S              |                    | <b>2,54E+16</b>                 |
| SR                                    |                    | 1,42E+16                        |
| SN                                    |                    | 1,11E+16                        |
| <b>Feedback da economia - F</b>       | <b>(F = M + S)</b> | <b>4,50E+16</b>                 |
| <b>Externalidades</b>                 |                    | <b>0</b>                        |
| <b>Energia incorporada - Y</b>        | <b>(Y = I + F)</b> | <b>4,99E+16</b>                 |
| <b>Valor emergético - Em\$</b>        |                    | <b>4,22E+03</b> <b>Em\$/ano</b> |

Fonte: Dados da pesquisa

Além dos dados da tabela de avaliação emergética, para se calcular a transformidade do leite é necessário, antes, saber qual é a energia total deste produto produzido no ano. Tem-se que a produção anual da Fazenda Boa Vida é de cerca de 730.000 litros de leite. Dessa forma, após os cálculos, obteve-se que a energia deste produto (EP) é de 1,58E+11 seJ/ha/ano.

| <b>Produto</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Unidade</b> | <b>J/unid.</b> | <b>J/ano</b> | <b>J/ha/ano</b> |
|----------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|-----------------|
| Leite          | 730.000           | L              | 8.874.320      | 6,48E+12     | 1,58E+11        |

Fonte: Dados da pesquisa

Por meio da coletânea dos dados e da conjectura da energia do leite foi possível calcular os indicadores emergéticos da Fazenda Boa Vida, que são apresentados na Tabela 11.

Tabela 12 Índices emergéticos da Fazenda Boa Vida

| Indicador                        | Cálculo                          | Valor    | Unidade      |
|----------------------------------|----------------------------------|----------|--------------|
| Transformidade do leite          | $Tr=Y/Ep$                        | 3,16E+05 | seJ/J        |
| Renovabilidade                   | $\%R = (R/Y) \times 100$         | 40,03    | %            |
| Razão de investimento emergético | $EIR = F/I$                      | 9,1843   | adimensional |
| Razão do rendimento emergético   | $EYR = Y/F$                      | 1,1089   | adimensional |
| Razão de carga ambiental         | $ELR = (N+MN+SN)/(R+MR+SR)$      | 1,50     | adimensional |
| Razão de intercâmbio de energia  | $EER = Y/[(\$) \times (seJ/\$)]$ | 0,16     | adimensional |

Fonte: Dados da pesquisa

Neste capítulo foram apresentados os resultados, a partir dos procedimentos da contabilidade emergética, da análise ambiental da Fazenda Boa Vida. Cabe lembrar que este relatório refere-se apenas ao segundo caso individual. Após a análise individual de cada uma das fazendas que compõem este estudo, foi possível comparar os seus resultados, com vistas a diagnosticar semelhanças e diferenças de suas interações com o meio ambiente. A análise ambiental comparativa entre estes sistemas de produção leiteira é apresentada no próximo capítulo.

## **8 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O DESEMPENHO AMBIENTAL DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE TRADICIONAL E SILVIPASTORIL**

Neste capítulo a finalidade é apresentar uma análise comparativa, em termos emergéticos, da Fazenda Santa Edwiges, que está inserida no sistema tradicional de pecuária leiteira, e da Fazenda Boa Vida, que faz uso do sistema silvipastoril com uma espécie de arbórea (eucalipto). Para tanto, primeiramente, fez-se uma análise comparativa do levantamento realizado em cada uma das fazendas, a fim de se obter informações preliminares das possíveis convergências e divergências dos objetos de estudo. Em seguida, é apresentada a comparação entre os diagramas sistêmicos e a tabela de avaliação emergética das fazendas analisadas. Optou-se por analisar os diagramas em conjunto com a tabela de energia, visto que a segunda valora as interações da primeira; são informações que têm relação de dependência e que, dessa forma, permite a sua explicação. Posteriormente, analisaram-se comparativamente os índices emergéticos destes sistemas de produção leiteira.

Uma análise preliminar entre a Fazenda Santa Edwiges e a Fazenda Boa Vida é evidenciada pela comparação do levantamento das particularidades de cada uma, obtidas *in loco*. Inicialmente, sobre as convergências, destaca-se que ambas as fazendas adotam o sistema semi-intensivo de pecuária e produzem, dentro de seus limites, os volumosos para o gado com a plantação de milho e as forrageiras com as pastagens. Grande parte dos tipos de insumos consumidos é semelhante entre estes sistemas, tendo em vista que ambos adquirem no mercado ração e sal para complementar a alimentação do gado, ureia, sementes e herbicidas, dentre outros recursos.

O primeiro ponto divergente que salta aos olhos é a questão da área de cada fazenda. A Fazenda Santa Edwiges tem 400 ha de extensão, ao passo que a Fazenda Boa vida tem apenas 41 ha. Dessa forma, tem-se que a primeira fazenda possui 1 cabeça de gado por ha, ao passo que a segunda tem, em média, 4,3 cabeças de gado por ha.

Sobre a produção leiteira deste gado, a Fazenda Santa Edwiges tem produção de 1.104.490 litros de leite por ano ou 2.761 litros de leite por ha por ano. A produção da Fazenda Boa Vida está em torno de 730.000 litros de leite por ano ou 17.804 litros de leite por ha por ano. Em outros termos, a eficiência da quantidade de energia gerada pela Fazenda Boa Vida é quase 6,5 vezes maior que a da Fazenda Santa Edwiges, por ha por ano. Ainda sobre o gado, as vacas da primeira fazenda são inseminadas artificialmente e as da segunda fazenda são inseminadas pelo touro.

Ainda sobre as divergências, tem-se o uso do fertilizante NPK que, na Fazenda Santa Edwiges, é intensivo, enquanto a Fazenda Boa Vida não utiliza nenhuma qualidade de fertilizante em suas áreas de milho e pastagem. Outro quesito é sobre a infraestrutura técnica de ambas as fazendas. Enquanto a Fazenda Santa Edwiges tem um aporte técnico de profissionais de áreas como zootecnia, veterinária e agronomia, a Fazenda Boa Vida tem apenas a assistência técnica de um veterinário. Sob esta perspectiva de mão de obra, observa-se também que a fazenda tradicional gera cerca de 25 empregos diretos, ao passo que a silvipastoril, apenas 3. Contudo, ao se fazer uma análise de empregados por área, a primeira fazenda gera 0,06 empregos por há, ao passo que a segunda se destaca como sendo um pouco melhor, pois gera 0,07 empregos por ha.

Sublinha-se que o principal quesito que diferencia estas duas fazendas é a inclusão do cinturão de eucaliptos entre os piquetes da Fazenda Boa Vida, pois isso a classifica como integrante do sistema silvipastoril de pecuária. De outro lado está a Fazenda Santa Edwiges que, por fazer uso de grandes quantidades de

fertilizantes e por não possuir arbóreas, exceto as da reserva legal e da área de preservação permanente, encontra-se no sistema tradicional de criação de gado.

Esta interação entre os eucaliptos e a pastagem e o gado está representada no diagrama sistêmico da Fazenda Boa Vida. As arbóreas integradas com a pastagem permitem uma maior ciclagem de nutrientes no solo, além de provocar ambiência para os animais pela geração de sombra, conforme destacam Carvalho (1998), Castro et al. (2008), Ferreira et al. (2011), Payne (1985) e Pezo e Ibrahim (1998).

Os diagramas sistêmicos das duas fazendas deste estudo são muito parecidos, exceto pela relação entre os minerais do solo e do nitrogênio atmosférico com a área de plantação de milho e de pastagem e da existência do eucalipto. Como explicitado anteriormente, a Fazenda Santa Edwiges faz uso intensivo do fertilizante NPK, que é o arranjo dos nutrientes nitrogênio, fósforo e potássio. Dessa forma, os pés de milho e as forrageiras do referido sistema de produção de leite optam por estes minerais que são de mais fácil acesso em detrimento dos minerais do solo profundo e do nitrogênio atmosférico. Dessa forma, a interação entre estes recursos da natureza com este sistema é estritamente baixa, pois apenas as áreas de preservação possuem esta interação, que está na ordem de  $3,85E+14$  de nitrogênio atmosférico e de  $2,36E+14$  de minerais do solo, ambos por ha por ano. Na Fazenda Boa Vida não se faz uso de nenhum tipo de fertilizante e, dessa forma, os referidos recursos da natureza interagem com todos os seus subsistemas. Sobre este aspecto, tem-se que a renovabilidade destes recursos, quando provenientes da natureza, é de 100%; já quando são adquiridos na economia, esta taxa cai para 0%, possuindo este item, dessa maneira, grande relevância quando a análise é de caráter ambiental.

Esta não consonância quanto ao não uso de fertilizante químico pela Fazenda Boa Vida instiga saber as causas deste não uso. Tem-se que as arbóreas proveem a ciclagem destes nutrientes no solo, contudo, não se pode afirmar

precisamente, sem uma análise do solo desta fazenda, se este é o motivo para a não precisão da utilização do NPK.

Os eucaliptos são o outro quesito de diferença entre estes dois sistemas de produção de leite que está representado no diagrama da Fazenda Boa Vida. Como foi explicitado, ele tem interação com as pastagens e com o gado, além de permitir um *output* para a economia, que é a madeira originária de seu corte.

Os dados da Tabela 12 permitem a identificação da emergia despendida por ha por ano e por unidade produtiva por ano, destes sistemas de produção leiteira.

Tabela 13 Análise comparativa entre a emergia total das Fazendas Santa Edwiges e Boa Vida

| Item                            | Emergia total<br>- Santa<br>Edwiges<br>(seJ/ha/ano) | Emergia total<br>- Boa Vida<br>(seJ/ha/ano) | Emergia total<br>- Santa<br>Edwiges<br>(seJ/ano) | Emergia total<br>- Boa Vida<br>(seJ/ano) |
|---------------------------------|---|---|--|--|
| <b>RECURSOS DA<br/>NATUREZA</b> | <b>3,45E+15</b>                                     | <b>4,90E+15</b>                             | <b>1,38E+18</b>                                  | <b>2,01E+17</b>                          |
| <b>Renováveis</b>               | <b>2,47E+15</b>                                     | <b>3,92E+15</b>                             | <b>9,87E+17</b>                                  | <b>1,61E+17</b>                          |
| Sol                             | 5,54E+13  | 5,54E+13                                    | 2,22E+16   | 2,27E+15                                 |
| Chuva                           | 1,79E+15  | 1,79E+15                                    | 7,16E+17   | 7,34E+16                                 |
| Nitrogênio atm.                 | 3,85E+14  | 1,28E+15                                    | 1,54E+17   | 5,26E+16                                 |
| Minerais do Solo                | 2,36E+14  | 7,87E+14                                    | 9,44E+16   | 3,23E+16                                 |
| <b>Não renováveis</b>           | <b>9,79E+14</b>                                     | <b>9,79E+14</b>                             | <b>3,92E+17</b>                                  | <b>4,01E+16</b>                          |
| Perda do solo                   | 9,79E+14  | 9,79E+14                                    | 3,92E+17   | 4,01E+16                                 |

Tabela 13, conclusão

| <b>RECURSOS DA ECONOMIA</b> | <b>1,91E+16</b> | <b>4,50E+16</b> | <b>7,63E+18</b> | <b>1,84E+18</b> |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <b>Materiais</b>            | <b>6,48E+15</b> | <b>1,96E+16</b> | <b>2,59E+18</b> | <b>8,04E+17</b> |
| Ração                       | 8,60E+14        | 1,69E+15        | 3,44E+17        | 6,94E+16        |
| Sal                         | 3,71E+14        | 1,61E+15        | 1,48E+17        | 6,59E+16        |
| Calcário                    | 2,73E+14        | 1,83E+14        | 1,09E+17        | 7,50E+15        |
| Ureia                       | 2,48E+14        | 5,75E+14        | 9,93E+16        | 2,36E+16        |
| Sêmen                       | 3,65E+14        | 0,00E+00        | 1,46E+17        | 0,00E+00        |
| Vacinas e medicamentos      | 1,65E+14        | 7,16E+14        | 6,61E+16        | 2,93E+16        |
| Nitrogênio                  | 3,57E+14        | 0,00E+00        | 1,43E+17        | 0,00E+00        |
| Fósforo                     | 2,49E+14        | 0,00E+00        | 9,95E+16        | 0,00E+00        |
| Potássio                    | 1,03E+14        | 0,00E+00        | 4,11E+16        | 0,00E+00        |
| Herbicida                   | 1,30E+13        | 2,19E+13        | 5,18E+15        | 8,96E+14        |
| Aço                         | 1,99E+15        | 2,09E+15        | 7,96E+17        | 8,58E+16        |
| Plástico                    | 8,68E+11        | 8,47E+12        | 3,47E+14        | 3,47E+14        |
| Construção civil            | 5,97E+14        | 9,88E+15        | 2,39E+17        | 4,05E+17        |
| Poço artesiano              | 1,95E+13        | 1,90E+14        | 7,79E+15        | 7,79E+15        |
| Sementes                    | 8,10E+14        | 2,37E+15        | 3,24E+17        | 9,74E+16        |
| Eletricidade                | 5,98E+13        | 2,57E+14        | 2,39E+16        | 1,05E+16        |
| Eucalipto                   |                 | 6,04E+12        | 0,00E+00        | 2,48E+14        |
| <b>Serviços</b>             | <b>1,26E+16</b> | <b>2,54E+16</b> | <b>5,04E+18</b> | <b>1,04E+18</b> |
| Mecanização terceirizada    | 1,96E+15        | 2,85E+15        | 7,83E+17        | 1,17E+17        |
| Telefone                    | 1,87E+14        | 0,00E+00        | 7,48E+16        | 0,00E+00        |
| Manutenção máq. e inst.     | 8,76E+13        | 5,70E+14        | 3,50E+16        | 2,34E+16        |
| Assistência técnica         | 6,43E+14        | 2,85E+15        | 2,57E+17        | 1,17E+17        |
| Contabilidade               | 1,96E+14        | 8,55E+14        | 7,85E+16        | 3,50E+16        |
| Tributos                    | 5,81E+14        | 1,14E+15        | 2,33E+17        | 4,67E+16        |
| Mão de obra + tributos      | 8,94E+15        | 1,71E+16        | 3,57E+18        | 7,01E+17        |
| <b>EMERGIA TOTAL</b>        | <b>2,25E+16</b> | <b>4,99E+16</b> | <b>9,01E+18</b> | <b>2,04E+18</b> |

Fonte: Dados da pesquisa

A análise comparativa da energia despendida nestas fazendas permite a evidenciação de alguns quesitos que diferenciam bastante estas unidades produtivas. Por exemplo, a energia total gasta com a produção de leite na Fazenda Santa Edwiges é de  $9,01E+18$  seJ por ano, ao passo que na Fazenda Boa Vida é de  $2,04E+18$  seJ por ano, ou seja, a energia total despendida na primeira fazenda é quase 4,5 vezes maior que na segunda fazenda.

Interessante também é fazer esta análise por litro de leite produzido por ano. Enquanto na Fazenda Santa Edwiges são gastos  $8,16E+12$  seJ por litro de leite, na Fazenda Boa Vida são despendidos  $2,79E+18$  de energia. Também nesta análise o gasto emergético da Fazenda Santa Edwiges é maior que o da Fazenda Boa Vida cerca de 2,9 vezes.

Analisando-se de forma pormenorizada os fluxos destes sistemas tem-se que na Fazenda Santa Edwiges os recursos da natureza são valorados em  $1,38E+18$  seJ/ano, ou seja, representa 15,32% do total de energia despendida neste sistema para a produção de leite. Destes,  $9,87E+17$  seJ/ano são de recursos renováveis, ou seja, 71,52% dos recursos da natureza utilizados neste processo de produção são renováveis. Os recursos da natureza não renováveis desta fazenda são  $3,92E+17$  seJ/ano, ou 28,48% do total.

Na Fazenda Boa Vida, os recursos da natureza são valorados em  $2,01E+17$  seJ/ano, ou seja, representa 9,85% do total de energia despendida neste processo de produção de leite. Destes,  $1,61E+17$  seJ/ano são de recursos renováveis, ou seja, 80,01% dos recursos naturais. Os recursos da natureza não-renováveis representam 19,09% dos recursos totais da natureza.

Dessa forma, pode-se dizer que, proporcionalmente, a Fazenda Boa Vida faz mais uso de recursos da natureza renováveis que a Fazenda Santa Edwiges e que esta utiliza mais recursos não-renováveis que aquela. Percebe-se que dois eventos auxiliam na explicação deste fato. O primeiro é a relação de maior uso de minerais do solo e de nitrogênio atmosférico que a Fazenda Boa Vida faz,

tendo em vista que nesta fazenda não se utilizam fertilizantes químicos. Isto faz com que o uso de recursos renováveis da natureza por ha seja maior que o da Fazenda Santa Edwiges. A perda do solo é o fator que permite explicar a dão fato de a Fazenda Santa Edwiges se apropriar de recursos da natureza não-renováveis. Esta questão origina-se no fato de a área desta fazenda ser maior em relação à Fazenda Boa Vida; como ela tem uma área maior, proporcionalmente, a sua perda de solo também será maior.

No que tange aos recursos da Economia, na Fazenda Santa Edwiges 33,94% são representados pelos materiais e 66,06% pelos serviços do total de 2,59E+18 seJ/ano. Na Fazenda Boa Vida, os recursos da economia são 1,84E+18 seJ/ano. Destes, 43,70% são compostos pelos materiais e 56,30% pelos serviços. O item que eleva consideravelmente o valor dos serviços na Fazenda Santa Edwiges é a mão de obra, visto que é o único item dos serviços que soma E+18.

Os índices energéticos auxiliam a compreensão mais holística destes fatos mencionados anteriormente. O primeiro índice a ser analisado é o de transformidade do leite:

$$Tr = \frac{Y}{Ep}$$

em que  $Y$  é o total de energia utilizada no processo produtivo analisado e  $Ep$  é a energia do produto produzido, no caso do leite.

Tabela 14 Transformidades do leite produzido nas Fazendas Santa Edwiges e Boa Vida

| Fazenda/                | Fazenda Sta. Edwiges | Fazenda Boa Vida |
|-------------------------|----------------------|------------------|
| Transformidade do leite | 9,19E+05 seJ/J       | 3,16E+05 seJ/J   |

Fonte: Dados da pesquisa

A transformidade indica quanto de energia solar equivalente são gastos por unidade de joule contido no produto produzido no sistema, ou seja, trata da razão entre a energia mínima necessária para um ecossistema (ou sistema) produzir um recurso e a energia final contida nos recursos produzidos (ULGIATI; BROWN, 2002). Dessa forma, tem-se que, na Fazenda Santa Edwiges, são gastos  $9,19E+5$  seJ por unidade de joule do leite produzido neste sistema. Na Fazenda Boa Vida são despendidos  $3,16E+5$  seJ por unidade de joule de leite produzido. A transformidade do leite produzido na Fazenda Santa Edwiges é cerca de 2,9 vezes maior que na Fazenda Boa Vida. É possível, então, afirmar que, no que se refere à transformidade do leite produzido, a Fazenda Boa Vida é mais eficiente com relação à utilização de seus insumos na produção leiteira que a Fazenda Santa Edwiges.

O próximo índice a ser analisado é renovabilidade do sistema:

$$\% R = \left( \frac{R}{Y} \right) \times 100$$

em que  $R$  corresponde ao somatório de recursos ou de taxas de recursos que são renováveis na natureza e nos materiais e serviços da economia e  $Y$  é o total de energia despendida na produção.

Tabela 15 Renovabilidade dos sistemas Fazendas Santa Edwiges e Boa Vida

| Fazenda/       | Fazenda Sta. Edwiges | Fazenda Boa Vida |
|----------------|----------------------|------------------|
| renovabilidade | 33,54%               | 40,03%           |

Fonte: Dados da Pesquisa

O índice de renovabilidade permite a identificação do grau de relação entre todos os recursos renováveis com os recursos totais utilizados no sistema. Quanto maior for este índice, maior é o seu grau de sustentabilidade. A Fazenda

Santa Edwiges tem uma taxa de renovabilidade de 33,54%, ao passo que a Fazenda Boa Vida tem um grau de 40,03% de renovabilidade. Por meio do exposto, fica claro que a Fazenda Boa Vida consegue fazer maior uso de recursos renováveis que a Fazenda Santa Edwiges. Cabe lembrar que este fato pode ser explicado, em parte, pela necessidade de uso de fertilizantes químicos, que possuem taxa de renovabilidade de 0%, na Fazenda Santa Edwiges, em detrimento dos minerais do solo e do nitrogênio atmosférico contidos na natureza, que possuem 100% de renovabilidade. Outrossim, a contratação de mão de obra residente na cidade, com taxa de renovabilidade na ordem de 50%, diminui o referido índice da Fazenda Santa Edwiges em relação à Fazenda Boa Vida, que contrata pessoas que residem no campo que possuem grau de renovabilidade de 80%.

A razão do investimento emergético tem como fórmula:

$$EIR = \frac{F}{I}$$

em que  $F$  corresponde aos recursos provenientes da economia e  $I$ , ao total de recursos de origem da natureza.

Tabela 16 Razão do investimento emergético das fazendas Santa Edwiges e Boa Vida

| Fazenda/ | <b>Fazenda Sta. Edwiges</b> | <b>Fazenda Boa Vida</b> |
|----------|-----------------------------|-------------------------|
| EIR      | 5,5348                      | 9,1843                  |

Fonte: Dados da pesquisa

A razão do investimento emergético é uma relação entre os recursos da economia e os recursos da natureza. Dessa maneira, este índice mede a proporção de energia comprada ( $F$ ), que são os recursos da economia, em

relação às entradas de energia do meio-ambiente (I). Pode ser interpretado como uma medida de quanto o sistema produtivo depende de recursos da economia. Quanto maior este índice, mais intenso é o uso dos recursos da economia e menos intenso o uso de recursos naturais, proporcionalmente.

Observa-se, então, que a Fazenda Santa Edwiges tem sua avaliação de investimento energético valorada em 5,5348, ao passo que a Fazenda Boa Vida tem este índice com o valor de 9,1843, ou seja, quase duas vezes maior que a primeira fazenda. Este indicador permite a constatação de que a Fazenda Boa Vida tem maior dependência de recursos da economia sobre os recursos da natureza em relação à Fazenda Santa Edwiges.

O índice de razão do rendimento energético tem como fórmula:

$$EYR = \frac{Y}{F}$$

em que  $Y$  é o somatório energético dos recursos da natureza e da economia e  $F$  são apenas os recursos da economia.

Tabela 17 Razão do rendimento energético das fazendas Santa Edwiges e Boa Vida

| Fazenda/ | <b>Fazenda Sta. Edwiges</b> | <b>Fazenda Boa Vida</b> |
|----------|-----------------------------|-------------------------|
| EYR      | 1,1807                      | 1,1089                  |

Fonte: Dados da pesquisa

O índice EYR é a razão de rendimento energético, representado como a razão entre a energia entregue pelo sistema e a energia dos recursos entregues pela economia. Pode ser interpretado como uma medida da contribuição potencial do processo estudado à economia, em decorrência da exploração do recurso local. Valores muito baixos deste índice indicam que o processo entrega

um valor próximo daquele que foi investido, significando que existe grande dependência de recursos da economia. É desejável que este índice seja o maior possível.

Observa-se que as duas fazendas estão com valores de razão de rendimento emergético muito próximos. É possível afirmar, por meio deste índice, que ambas as fazendas produzem mais energia do que consomem, tendo em vista que o índice ficou maior que 1. Segundo Albuquerque (2006), para produtos agropecuários, esta taxa costuma variar entre 1 e 4. Dessa forma, percebe-se que tanto a Fazenda Boa Vida quanto a Fazenda Santa Edwiges, esta um pouco melhor, estão com seus valores um pouco baixos, mas dentro do limite mínimo geralmente encontrado.

O quinto índice analisado é a razão de carga ambiental:

$$ELR = \frac{N + MN + SN}{R + MR + SR}$$

em que  $N$  representa os recursos da natureza não-renováveis;  $MN$ , os materiais da economia não-renováveis;  $SN$ , os serviços da economia não-renováveis;  $R$ , os recursos da natureza renováveis;  $MR$ , os materiais da economia renováveis e  $SR$ , os serviços da economia renováveis.

**Tabela 18 Razão de carga ambiental das fazendas Santa Edwiges e Boa Vida**

| Fazenda/ | Fazenda Sta. Edwiges | Fazenda Boa Vida |
|----------|----------------------|------------------|
| ELR      | 1,98                 | 1,50             |

Fonte: Dados da pesquisa

O índice ELR é uma medida da pressão de um processo sobre o ambiente, representando, portanto, uma medida do estresse ecossistêmico. Quanto mais o desenvolvimento provoca distúrbios no ambiente local, mais se

afasta do processo natural e maior será o ELR. Nesse sentido, observa-se que a razão de carga ambiental da Fazenda Santa Edwiges é de 1,98 e a da Fazenda Boa Vida é de 1,5. É possível afirmar, então, que a Fazenda Boa Vida gera menor estresse ecossistêmico que a Fazenda Santa Edwiges, isso porque a fazenda silvipastoril utiliza em menor grau os recursos não-renováveis em relação aos renováveis que a fazenda tradicional deste estudo.

O sexto e derradeiro índice emergético é a razão de intercâmbio de energia:

$$EER = \frac{Y}{[(\$)\times(seJ/\$)]}$$

em que Y é o total da energia despendida no processo produtivo,  $(\$)\times(seJ/\$)$  representam o ganho com as vendas, em dólar, do produto, por ano, vezes a intensidade emergética do dólar ou Emdólar<sup>10</sup>.

Tabela 19 Razão de intercâmbio de energia das fazendas Santa Edwiges e Boa Vida

| Fazenda/ | Fazenda Sta. Edwiges | Fazenda Boa Vida |
|----------|----------------------|------------------|
| EER      | 0,47                 | 0,16             |

Fonte: Dados da pesquisa

EER é uma medida do quanto uma troca é justa. Mede o que o sistema entrega contra o que o sistema recebe, com o valor das vendas convertido em energia. O processo entrega valor aos compradores que devolvem dinheiro.

<sup>10</sup> O Emdólar é obtido por meio da razão energia/dinheiro, em que a energia contabiliza todas as fontes energéticas usadas pelo sistema natureza-economia humana do país em determinado ano, e o dinheiro é o produto nacional bruto (PNB) expresso em dólares na taxa média anual. Neste estudo fez-se uso do Emdólar para o Brasil, calculado por Sweeney et al. (2007).

Uma troca equilibrada gera um índice no valor de 1. Quanto mais o valor obtido se afasta da unidade, tanto para mais quanto para menos, menor o equilíbrio da troca emergética.

É passível de observação que as duas fazendas deste estudo estão abaixo do ponto de equilíbrio deste índice, ou seja, elas estão recebendo menos energia em forma monetária do que gastando no processo produtivo. Isso mostra que a relação de troca entre a energia total utilizada e a energia do dinheiro recebido é baixa. A razão do intercâmbio de energia da Fazenda Santa Edwiges está na ordem de 0,47 e a da Fazenda Boa Vida é de apenas 0,16. Mas, apesar de a Fazenda Santa Edwiges ter este índice mais próximo de 1, pode-se dizer ambas as transações das fazendas com o mercado não são justas, do ponto de vista energético.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi realizado com o objetivo de investigar, de modo comparativo, o desempenho ambiental de dois sistemas de produção de leite aplicados por organizações localizadas na mesorregião do Campo das Vertentes, em Minas Gerais. Para alcançar este objetivo, empregou-se a abordagem da contabilidade emergética, tendo em vista a sua capacidade como método de valoração ambiental, as suas potencialidades de aproximação da Ciência Contábil, bem como a sua utilidade como ferramenta de geração de indicadores para a gestão ambiental das organizações.

Sob a perspectiva deste método, traçaram-se dois objetivos específicos, a fim de impetrar o objetivo geral. O primeiro deles é estimar os índices emergéticos dos modelos de criação de gado bovino leiteiro semiextensivo tradicional e semi-intensivo silvipastoril (com eucalipto) e o segundo, analisar comparativamente o desempenho ambiental dos dois modelos de pecuária bovina leiteira.

O método da contabilidade emergética foi desenvolvido pelo ecologista norte-americano Odum (1996), na University of Florida. A emergia está fundamentada nos princípios da ecologia de sistemas e da física termodinâmica. Dessa maneira, os estudos que fazem uso deste método são desenvolvidos em larga escala em pesquisas no âmbito das Ciências Naturais, tendo sido a emergia muito pouco explorada no campo das Ciências Sociais.

Historicamente, observa-se que as Ciências Sociais, inicialmente, importaram o modelo positivista das Ciências Naturais. Este fato teve reflexos nas pesquisas sociais que visavam, sob a então perspectiva positivista, a identificação de leis universais, a geração do conhecimento apenas por meio de experimentação e o compartilhamento de mesmos princípios metodológicos. Outro aspecto fundamental de caráter positivista é a forte tendência sobre a

opção de pesquisas vinculadas à tecnociência. Desta maneira, desenvolveu-se certa prioridade em temas de pesquisa que promovam a maximização econômica em detrimento de estudos que atendam às outras esferas da sociedade, tais como os impactos sociais e ambientais dos produtos da tecnociência.

O modelo positivista clássico aplicado às Ciências Sociais instaurou, então, um reducionismo metodológico nestas pesquisas, principalmente pelo fato de promover abordagens científicas descontextualizadas que não levam em consideração os impactos ambientais das atividades econômicas. Exemplo disso é a Ciência Contábil. Somente agora a Ciência Contábil tem investido no desenvolvimento de sistemas contábeis que passaram a incorporar em seus estudos a variável ambiental.

Destaca-se que este trabalho de dissertação procura contribuir para a geração de novos conhecimentos acerca dos processos de valoração dos passivos e ativos ambientais e a reformulação dos sistemas de contabilidade ambiental. Procurou-se articular, para efeitos deste trabalho, conhecimentos de diferentes áreas (ciências agrárias, ciências contábeis e administração), buscando desenvolver um processo de análise que envolvesse, além dos fundamentos da contabilidade emergética, alguns fundamentos acerca da racionalidade ambiental em suas diferentes vertentes, ou seja, a substantiva, a teórica, a técnica ou instrumental e a cultural, que procuram explicar a relação entre as atividades humanas e o meio ambiente.

Em síntese, com este trabalho buscou-se contribuir para a articulação conceitual e metodológica da contabilidade emergética como aporte à contabilidade tradicional. Para tanto, partiu-se da definição de emergia como sendo a memória energética de um produto ou serviço e da contabilidade emergética como recurso metodológico de valoração de todos os produtos frutos das atividades dos sistemas de produção estudados ou organizações em uma

mesma unidade de medida, que é a energia solar equivalente, que é expressa por seJ ou *emjoule solar*.

Para tanto, é preciso conhecer todos os insumos necessários para se produzir determinado bem ou serviço. Estes recursos são de ordem do mercado e também da natureza. Isso porque, além de considerar os recursos da economia envolvidos, a contabilidade emergética também valora os recursos da natureza que integram a produção sob análise. A contabilidade emergética possui etapas lineares de aplicação. São elas: (i) o levantamento da história do local de estudo; (ii) a elaboração de um diagrama; (iii) a montagem da tabela de avaliação emergética; (iv) o cálculo dos índices emergéticos e (v) a interpretação dos resultados. Além disso, é calculada também a energia, em joules, do produto oriundo do processo produtivo da organização em estudo. Por meio dos índices gerados pela contabilidade emergética é possível comparar dois ou mais sistemas de produção.

Dentre a diversidade dos sistemas de produção de leite existentes é possível constatar uma bifurcação principal que aloca, em um lado, os sistemas tradicionais e, em outro, os sistemas ecológicos. Os modelos tradicionais fazem uso de uma grande quantidade de fertilizantes químicos, bem como de herbicidas e não possuem, exceto aquelas firmadas em lei, áreas destinadas a arbóreas e a culturas agrícolas. Desse modo, os sistemas tradicionais de criação de gado constituem-se apenas pelo arranjo de pastagem e gado.

Em outro diapasão, os sistemas ecológicos de pecuária visam minimizar os impactos gerados por esta atividade, seja pela plantação de arbórea em meio a pastagem, que é o sistema silvipastoril, seja pelo arranjo de arbóreas e produção agrícola, que é o sistema agrosilvopastoril, ou, ainda, pelo sistema Voisin. Frente a esta diversidade de modelos de criação de gado, optou-se por analisar comparativamente uma fazenda inserida no sistema tradicional e outra no sistema ecológico de produção de leite.

O percurso metodológico cursado para tanto foi o de uma pesquisa descritiva quanto aos seus objetivos e como estudo de caso comparativo quanto aos meios. A seleção das unidades de análise deu-se em função da importância histórica, econômica e social da atividade leiteira no Brasil e especificamente na localidade em que as duas fazendas deste estudo estão situadas, que é na mesorregião do campo das Vertentes em Minas Gerais, reconhecida como tradicional bacia leiteira. Seguindo os pressupostos de que uma fazenda deveria pertencer ao sistema de pecuária tradicional e a outra fazenda deveria ser adepta do sistema ecológico de criação de gado, fez-se a escolha das fazendas: a Fazenda Santa Edwiges, situada na cidade de Lagoa Dourada e a Fazenda Boa Vida, localizada no município de Lavras. A coleta dos dados ocorreu por meio de triangulação de técnicas, tais como entrevistas, visitas técnicas nas fazendas e consulta de documentos. Após coletados, os dados foram processados e avaliados de acordo com os princípios e procedimentos da contabilidade emergética.

Após o delineamento metodológico, iniciou-se a pesquisa de campo. A primeira fazenda visitada foi a Santa Edwiges, que se enquadra no sistema tradicional de pecuária. Esta fazenda foi constituída há cerca de 20 anos e, tem, atualmente, 400 hectares de área. É destinada à atividade de pecuária bovina leiteira, além de possuir criação de muares para a venda e uma plantação de 60 hectares de milho, que é destinado exclusivamente à constituição de volumosos para a alimentação do gado e dos muares. Além da plantação de milho, a Fazenda Santa Edwiges possui 120 hectares de área de preservação ambiental (APP) e reserva legal, além de um córrego que percorre os seus meandros, três represas e um poço artesiano.

A segunda visita foi feita na Fazenda Boa Vida, localizada na mesorregião do Campo das Vertentes, em Minas Gerais, mais especificamente na zona rural no município de Lavras. Esta fazenda foi constituída há cerca de

26 anos e possui, atualmente, 41 hectares de área. É destinada exclusivamente para a atividade de pecuária bovina leiteira. Destaca-se também que, para a produção de volumosos para o gado, são destinados 18 hectares de plantação de milho. Além da plantação de milho, a Fazenda Boa Vida tem 8,2 hectares de reserva legal e tem, além disso, um poço artesiano em suas delimitações. Uma particularidade da fazenda Boa Vida consiste em sua plantação de eucaliptos. Estes eucaliptos formam um cinturão nos piquetes da fazenda e permitem sombreamento para o gado e benefícios ao solo, como, por exemplo, a ciclagem dos nutrientes. Dessa forma, esta fazenda é classificada como silvipastoril.

Em seguida às visitas técnicas nas fazendas, entrevistas e consulta de documentos internos deu-se início, à análise dos dados. Primeiramente, buscou-se descrever as particularidades de cada fazenda e, posteriormente, entender as interações existentes dentro de cada sistema analisado por meio da construção dos diagramas sistêmicos. Após isso, realizou-se a confecção das tabelas de avaliação emergética e, por conseguinte, os cálculos dos índices emergéticos.

Por meio destes passos, alcançou-se o primeiro objetivo específico desta dissertação, que é estimar os índices emergéticos dos modelos de criação de gado bovino leiteiro semiextensivo tradicional e semi-intensivo silvipastoril (com eucalipto). Obtiveram-se os seguintes valores para índices emergéticos da Fazenda Santa Edwiges: (i) a transformidade do leite encontrada foi de  $9,19E+05$  seJ/J; (ii) a renovabilidade encontrada foi de 33,54%; (iii) a razão do investimento emergético encontrada foi de 5,5348; (iv) a razão do rendimento emergético encontrada foi de 1,1807; (v) a razão de carga ambiental encontrada foi de 1,98 e, por fim, (iv) a razão de intercâmbio de energia foi de 0,47.

Para a Fazenda Boa Vida obtiveram-se os subsequentes valores: (i) a transformidade do leite foi de  $3,16E+05$  seJ/J; (ii) a renovabilidade foi de 40,03%; (iii) a razão do investimento emergético foi de 9,1843; (iv) a razão do

rendimento energético foi de 1,1089; (v) a razão de carga ambiental foi de 1,50 e, por fim, (iv) a razão de intercâmbio de energia foi de 0,16.

O segundo objetivo específico deste trabalho foi analisar comparativamente o desempenho ambiental dos dois modelos de pecuária bovina leiteira. Destaca-se que, ao se promover uma análise comparativa entre dois objetos de estudo, busca-se encontrar e evidenciar relações de semelhança e de disparidade entre ambos. Sob esta perspectiva, buscou-se apresentar comparar os índices energéticos destes dois sistemas de produção de leite.

O primeiro índice comparado foi o de transformidade do leite, que permite a identificação de quanta energia solar equivalente é despendida por unidade de joule contida no leite produzido em cada fazenda. Quanto maior for o valor da transformidade, maior é a quantidade de energia que o sistema gasta com o produto. A transformidade do leite da Fazenda Santa Edwiges calculada foi de  $9,19E+05$  seJ/J, ao passo que na Fazenda Boa Vida este valor foi consideravelmente menor, com  $3,16E+05$  seJ/J. Por meio deste índice é possível afirmar que a Fazenda Santa Edwiges gasta quase três vezes mais energia por litro de leite produzido que a Fazenda Boa Vida. Em outras palavras, em sua produção de leite, a Fazenda Boa Vida faz uso de menos recursos que a Fazenda Santa Edwiges.

O segundo índice analisado comparativamente foi o de renovabilidade. A renovabilidade permite a identificação do grau de relação entre todos os recursos renováveis com os recursos totais utilizados no sistema. Quanto maior for este índice maior é o seu grau de sustentabilidade, por fazer maior uso proporcional de recursos renováveis. A Fazenda Santa Edwiges possui uma taxa de renovabilidade de 33,54% ao passo que a Fazenda Boa Vida tem um grau de 40,03% de renovabilidade. Fica evidente, por meio deste índice, que a Fazenda Boa Vida tem melhores padrões, no que tange ao uso de recursos, que a Fazenda Santa Edwiges.

O terceiro índice comparado foi a razão do investimento emergético. Este índice promove uma relação entre os recursos da economia e os recursos da natureza. Dessa maneira, mede a proporção de energia comprada (F), que são os recursos da economia, em relação às entradas de energia do meio-ambiente (I). Pode ser interpretado como uma medida de quanto o sistema produtivo depende de recursos da economia. Quanto maior este índice, mais intenso é o uso dos recursos da economia e menos intenso o uso de recursos naturais, proporcionalmente. A Fazenda Santa Edwiges tem este índice valorado em 5,5348, ao passo que a Fazenda Boa Vida tem este índice com o valor de 9,1843. É possível constatar que a Fazenda Boa Vida é quase duas vezes mais dependente dos recursos da economia em relação aos recursos naturais que a Fazenda Santa Edwiges. Destaca-se que a extensão maior da Fazenda Santa Edwiges faz com que ela tenha maior energia despendida com alguns recursos naturais que são proporcionais à sua área, como, por exemplo, a perda de solo.

O quarto índice é a razão do rendimento emergético, que indica a razão entre a energia entregue pelo sistema e a energia dos recursos entregues pela economia. Pode ser interpretado como uma medida da contribuição potencial do processo estudado à economia, em decorrência da exploração do recurso local. Valores muito baixos deste índice indicam que o processo entrega um valor próximo àquele que foi investido, significando que existe uma grande dependência de recursos da economia. É desejável que este índice seja o maior possível. A Fazenda Santa Edwiges possui este índice valorado em 1,1807 e a Fazenda Boa Vida, 1,1089. É passível de constatação que as duas fazendas possuem os valores deste índice muito parecidos. Seria desejável que este índice fosse maior para ambos os sistemas produtivos.

O quinto índice comparado foi a razão de carga de energia, que é uma medida da pressão de um processo sobre o ambiente, representando, portanto, uma avaliação do estresse ecossistêmico. Quanto mais o desenvolvimento

provoca distúrbios no ambiente local, mais se afasta do processo natural e maior será este índice. A razão de carga Ambiental da Fazenda Santa Edwiges é de 1,98 e a da Fazenda Boa Vida, de 1,5. Averigüa-se, então, que a Fazenda Boa Vida gera menor estresse ecossistêmico que a Fazenda Santa Edwiges, isso porque a fazenda silvipastoril utiliza em menor grau os recursos não-renováveis em relação aos renováveis que a fazenda tradicional deste estudo.

O sexto e último índice emergético analisado comparativamente foi a razão de intercâmbio de energia. Este índice representa a medida do quanto uma troca é justa. Mede o que o sistema entrega contra o que o sistema recebe com o valor das vendas convertido em energia. O processo entrega valor aos compradores que devolvem dinheiro. Uma troca equilibrada gera um índice no valor de 1. Quanto mais o valor obtido se afasta da unidade, tanto para mais quanto para menos, menor o equilíbrio da troca emergética. A Fazenda Santa Edwiges tem este índice valorado em 0,47, ao passo que na Fazenda Boa Vida, é de 0,16. Observa-se que ambas as fazendas estão com valores afastados da unidade, ou seja, não possuem trocas justas com o mercado, em termos emergéticos. A Fazenda Santa Edwiges é a que mais se aproxima de uma troca equitativa com o mercado.

Por meio da realização dos objetivos específicos, foi possível impetrar o objetivo geral deste estudo, que é investigar de modo comparativo o desempenho ambiental de dois sistemas de produção de leite aplicados por organizações localizadas na mesorregião do Campo das Vertentes, em Minas Gerais. Comparativamente, observa-se que a Fazenda Boa Vida destaca-se em relação à Fazenda Santa Edwiges por obter melhores valores nos índices de transformabilidade do leite, renovabilidade e razão de carga ambiental. Destaca-se que, dos seis índices emergéticos, estes três são os que mais avaliam a situação da relação entre o sistema produtivo e o meio ambiente.

A Fazenda Santa Edwiges apresentou melhores valores nos índices razão do investimento emergético e razão de intercâmbio de energia que a Fazenda Boa Vida. Estes índices remetem, sob a ótica da energia, interações entre os sistemas produtivos e o mercado, seja sob a forma de compra de recursos ou de venda do leite.

Para o índice razão do rendimento emergético, ambas as fazendas apresentaram valores muito semelhantes. E, apesar de estarem dentro dos padrões da literatura para este ramo de atividade, os valores deste índice para estas fazendas estão baixos, sendo desejável que eles aumentem.

Em linhas gerais, destaca-se que, por meio deste estudo, diagnosticou-se que o desempenho ambiental da Fazenda Boa Vida (sistema silvipastoril) é mais satisfatório que o da Fazenda Santa Edwiges (sistema tradicional), tendo em vista o seu menor gasto emergético para a produção leiteira, o seu melhor uso dos recursos renováveis e por provocar menor estresse ecossistêmico.

Por fornecer indicadores ambientais, a contabilidade emergética pode preencher uma lacuna da contabilidade tradicional, no que tange especificamente à contabilidade ambiental. Urge a aplicação de métodos de valoração ambiental há tempos. Destarte, é preciso uma mudança epistemológica na contabilidade tradicional que promova o aceite de métodos que não estejam vinculados apenas a medições de produtividade, típicos de estudos tecnocientíficos, métodos estes que sejam capazes de diagnosticar os impactos ambientais gerados pelos sistemas produtivos. Tendo em vista as potencialidades da contabilidade emergética, sugere-se que ela vá ao encontro da contabilidade ambiental para fornecer informações que devem ser levadas em conta no processo decisório das organizações.

Afinal de contas, as decisões tomadas nas organizações devem perpassar as informações clássicas fornecidas pela contabilidade gerencial, bem como as informações ambientais, que passa a ser uma nova variável a ser considerada.

Sobretudo, a sobreposição das Ciências Naturais com as Ciências Sociais, sob a racionalidade ambiental promovida pela aplicação da emergia no campo organizacional, é desejável, do ponto de vista científico, pela proposta de se tratar a Ciência como espaço holístico e mais ainda pela nobre causa da preservação ambiental, que representa a ação concreta dos benefícios que podem ser gerados pelos estudos acadêmicos.

Vale ressaltar que, na presente pesquisa, houve diversas limitações de ordem teórico-metodológica e prática. No que tange ao espaço teórico-metodológico, é importante salientar a dificuldade encontrada ao longo do percurso desta dissertação sobre a apreensão dos conceitos emergéticos. Esta dificuldade está atrelada ao fato de esta pesquisa ter sido aplicada por uma pesquisadora das Ciências Sociais Aplicadas. Dessa forma, este trabalho é resultante, literalmente, da aproximação das Ciências Naturais com as Ciências Sociais.

Além dos conceitos específicos sobre a emergia, outra dificuldade encontrada derivada desta hibridação científica foi a exigência do método de amplos conhecimentos das interações ecossistêmicas. Foram grandes desafios que foram superados, principalmente pela orientação interdisciplinar recebida para este trabalho.

No campo prático, as limitações foram decorrentes da disparidade entre as áreas das duas fazendas que integram este estudo. Buscou-se contornar esta diferença ao se fazer a análise por hectare, quando se julgou ser o caso, outras vezes por unidade produtiva. Outro quesito de ordem do campo foi referente a não se saber precisamente qual é a porcentagem de explicação que o cinturão de eucalipto tem da ciclagem de nutrientes da Fazenda Boa Vida. Uma análise de solo realizada *in loco* por um especialista poderia esclarecer esta relação.

Para pesquisas futuras sugere-se o detalhamento emergético de cada subsistema integrante das fazendas, um estudo pormenorizado sobre as relações

com o ambiente da pastagem, da plantação de milho, da área de reserva e dos eucaliptos. Poder-se-ia também replicar este estudo em outras fazendas semelhantes às deste estudo, a fim de se ter maiores possibilidades de comparação.

Para a consolidação da proposta deste trabalho, que foi a aproximação da emergia como aporte para a contabilidade tradicional no intuito de fornecer indicadores para a gestão ambiental das organizações, mais estudos de aplicação da contabilidade ambiental emergética devem ser promovidos, principalmente dentro do espaço das pesquisas em gestão. Ademais, outras pesquisas também poderão incorporar as informações derivadas do método emergético às demonstrações contábeis tradicionais, tendo em vista uma contabilidade holística das organizações. Enfim, acredita-se que a busca pela interdisciplinaridade nos estudos científicos é muito valiosa, sobretudo quando a questão é a preservação ambiental.

## REFERÊNCIAS

ABER, J. D.; MELILLO, J. M.; MCCLAUGHERTY, C. A. Predicting long-term patterns of mass-loss, nitrogen dynamics and soil organic matter formation from initial litter chemistry in forest ecosystems. **Canadian Journal of Botany**, Ottawa, v. 68, n. 10, p. 2201-2208, 1991.

ALBUQUERQUE, T. C. **Avaliação emergética de propriedades agrossilvipastoris do Brasil e da Colômbia**. 2006. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ATMOSPHERIC SCINCE DATA CENTER. **NASA Surface meteorology and solar energy**: available tables. Disponível em: <<http://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

AYRES, R. U. **Industrial ecology**: depreciation, waste and pollution. Fontainebleau: INSEAD, 1998. 22 p.

BERTHELOT, S.; CORMIER, D.; MAGNAN, M. Environmental disclosure research: review and synthesis. **Journal of Accounting Literature**, Gainesville, v. 22, p. 1-44, 2003.

BRANDT-WILLIAMS, S. L. **Handbook of emergy evaluation**: a compendium of data for emergy computation. Gainesville: University of Florida/Center for Environmental Policy, 2002. 40 p. (Folio 4. Emery of Florida Agriculture). Disponível em: <[http://www.cep.ees.ufl.edu/pubs/Folio\\_4.pdf](http://www.cep.ees.ufl.edu/pubs/Folio_4.pdf)>. Acesso em: 1 set. 2011.

BROWN, M. T. et al. Predicting national sustainability: the convergence of energetic, economic and environmental realities. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 220, n. 23, p. 3424-3438, Dec. 2009.

BROWN, M. T.; HERENDEEN, R. A. Embodied energy analysis and emergy analysis: a comparative view. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 19, n. 2, p. 219-235, Dec. 1996.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emery analysis and environmental accounting. In: CLEVELAND, C. (Ed.). **Encyclopedia of energy**. New York: Elsevier, 2004. v. 2, p. 329-354.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy-based indices and ratios to evaluate sustainability: monitoring economies and technology toward environmentally sound innovation. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 9, n. 1/2, p. 51-69, Sept. 1997.

BURANAKARN, V. **Evaluation of recycling and reuse of building materials using the emergy analysis method**. 1998. 110 p. Thesis (Doctor in Philosophy) - University of Florida, Gainesville, 1998.

CARVALHO, M. M. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1998. 37 p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 64).

CASTAGNA, A. A.; ARONOVICH, M.; RODRIGUES, E. **Pastoreio racional voisin: manejo agroecológico de pastagens**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008. 33 p. (Programa Rio Rural. Manual técnico, 10).

CASTRO, A. C. et al. Sistema silvipastoril na Amazônia: ferramenta para elevar o desempenho produtivo de búfalos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2395-2402, nov. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a50v38n8.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

CAVALETT, O.; ORTEGA, E. Integrated environmental assessment of biodiesel production from soybean in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 55-70, Jan. 2010.

CHANLAT, J. F. **Ciências sociais e management: reconciliando o econômico e o social**. São Paulo: Atlas, 1999. 102 p.

CLEVELAND, C. J.; KAUFMANN, R. K.; STERN, D. I. Aggregation and the role of energy in the economy. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 32, n. 2, p. 301-317, Feb. 2000.

CORTEZ, J. W. et al. Análise espacial da compactação do solo por meio do penetrômetro eletrônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO, 2008, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2008. 1 CD-ROM.

CUADRA, M.; RYDBERG, T. Emergy evaluation on the production, processing and export of coffee in Nicaragua. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 196, n. 3/4, p. 421-433, July 2006.

DE ZEN, S. et al. **Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases de efeito estufa (GEE)**. Piracicaba: ESALQ/ Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, 2008. 40 p.

DIEGUES, A. C. A globalização da proteção da natureza: o papel das grandes ONGS transnacionais e da ciência. In: DUPAS, G. (Org.). **Meio ambiente e crescimento econômico: tensões estruturais**. São Paulo: UNESP, 2008. cap. 3, p. 131-164.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Integração lavoura-pecuária-floresta: vantagens são apresentadas em dia de campo**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2010. Disponível em: <[http://www.cpac.embrapa.br/noticias/noticia\\_completa/194/](http://www.cpac.embrapa.br/noticias/noticia_completa/194/)>. Acesso em: 15 ago. 2011.

EPSTEIN, M. J. **The identification, measurement, and reporting of corporate social impacts: past, present and future**. London: Emerald Group, 2003. p. 1-29. (Advances in Environmental Accounting and Management, 2).

FERREIRA, R. A. et al. Avaliação do comportamento de ovinos Santa Inês em sistema silvipastoril no norte fluminense. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 399-403, mar./abr. 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONAL OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT database**. New York, 2010. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/576/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 10 jun. 2011.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE TERRAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Pontal verde: plano de recuperação ambiental nos assentamentos do Pontal do Paranapanema**. 2. ed. São Paulo, 2000. 80 p. (Cadernos ITEPS, 2).

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999. 200 p.

GLIGO, N. La elaboración de inventarios y cuentas del patrimonio natural y cultural. In: COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE; LATIN AMERICAN AND CARIBBEAN INSTITUTE FOR SOCIAL AND ECONOMIC PLANNING. **La dimensión ambiental en la planificación del desarrollo**. Buenos Aires: GEL, 1986. cap. 7, p. 110-131.

HAMMERSLEY, M. **The dilemma of qualitative method**. London: Routledge, 1989. 270 p.

HAU, J. L.; BAKSHI, B. R. Promise and problems of emergy analysis. **Ecological Modeling**, Amsterdam, v. 178, n. 1/2, p. 215-225, Oct. 2004.

HOTT, M. C. et al. Campo das Vertentes: aspectos de gestão territorial na cadeia do leite e estimativa de área de pastagens. In: CARNEIRO, A. V. et al. (Org.). **Tecnologias de produção sustentável de bovinos de leite**. São João Del Rey: A. G. Assis, 2010. cap. 6, p. 95-102.

HOUAISS, A.; VILLAR, M. de S.; FRANCO, F. M. de M. **Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2007. 1 CD-ROM.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**. Disponível em: < [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)>. Acesso em: 21 ago. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS E RENOVÁVEIS. **Pecuária extensiva na região serrana, norte e noroeste do Rio de Janeiro e seus impactos sócio-ambientais**. Disponível em: <[http://ibamanovafriburgo.blogspot.com/2011\\_06\\_01\\_archive.html](http://ibamanovafriburgo.blogspot.com/2011_06_01_archive.html)>. Acesso em: 20 set. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos climatológicos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php?lnk=http://www.inmet.gov.br/html/clima/graficos/index4.html>>. Acesso em: 29 ago. 2011.

JAPIASSU, H. **Questões epistemológicas**. Rio de Janeiro: Imago, 1981. 172 p.

KROETZ, C. E. S. **Balanco social: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2000. 162 p.

LACEY, H. Crescimento econômico, meio ambiente e sustentabilidade social: a responsabilidade dos cientistas e a questão dos transgênicos. In: DUPAS, G. (Org.). **Meio ambiente e crescimento econômico: tensões estruturais**. São Paulo: UNESP, 2008a. cap. 2, p. 91-130.

LACEY, H. **Valores e atividade científica**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2008b. 352 p.

LACEY, H. **Values and objectivity in science: the current controversy about transgenic crops**. Lanham: Lexington Books, 2005. 287 p.

- LEDIC, I. L. **Manual de bovinotecnia leiteira**: alimentos: produção e fornecimento. 2. ed. São Paulo: Varela, 2002. 160 p.
- LEFF, E. **Ecologia, capital e cultura**. Blumenau: Edifurb, 2000. 440 p.
- LEFF, E. **Epistemologia ambiental**. São Paulo: Cortez, 2002. 240 p.
- LI, L. J. et al. Emergy algebra: improving matrix methods for calculating transformities. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 221, n. 3, p. 411-422, Feb. 2010.
- LIMA, W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 1993. 301 p.
- LOPES, A. B.; MARTINS, E. **Teoria da contabilidade**: uma nova abordagem. São Paulo: Atlas, 2005. 181 p.
- MALHOTRA, N. K. **Pesquisa de marketing**: uma orientação aplicada. Tradução Nivaldo Montingelli Júnior e Alfredo Alves de Farias. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 720 p.
- MANSSON, B. A.; MCGLADE, J. Ecology, thermodynamics and H.T. Odum's conjectures. **Oecologia**, Berlin, v. 93, n. 4, p. 582-596, Apr. 1993.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2005. 312 p.
- MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Contabilidade da pecuária**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 196 p.
- ODUM, H. T.; BROWN, M. T.; WILLIAMS, S. B. **Handbook of emergy**: evaluations folios 1-4. Gainesville: University of Florida/ Center for Environmental Policy, 2000. 371 p.
- ODUM, H.T. Energy in ecosystems. In: POLUNIN, N. (Ed.). **Ecosystem theory and application**. New York: J. Wiley, 1986. chap. 5, p. 76-112.
- ODUM, H. T. Energy systems concepts and self-organization: a rebuttal. **Oecologia**, Berlin, v. 104, n. 4, p. 518-522, Dec. 1995a.
- ODUM, H. T. **Environmental accounting, emergy and decision making**. New York: J. Wiley, 1996. 370 p.

ODUM, H. T.; ODUM, E. P. The energetic basis for valuation of ecosystem services. **Ecosystems**, New York, v. 3, n. 1, p. 21-23, Jan./Feb. 2000.

ODUM, H. T. Self organization and maximum empower. In: HALL, C. A. S. (Ed.). **Maximum power: the ideas and applications of H.T. Odum**. Niwot: University Press of Colorado, 1995b. chap. 2, p. 50-80.

ODUM, H. T. Self organization, transformity and information. **Science**, New York, v. 242, n. 4882, p. 1132-1139, Nov. 1988.

ORTEGA, E. **Estudos sobre fluxos de energia nos sistemas rurais**. Campinas, 2005. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/extensao/extensao.htm>>. Acesso em: 1 jun. 2010.

ORTEGA, E. et al. From energy analysis to public policy: soybean in Brazil. In: **EMERGY ANALYSIS RESEARCH: ENERGY QUALITY AND TRANSFORMITIES**, 2., 2001, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2001. Disponível em: <<http://www.enveng.ufl.edu/homepp/brown/syseco/default.htm>>. Acesso em: 13 maio 2011.

PATTEN, B. C. Toward a more holistic ecology, and science: the contribution of Odum, H.T. **Oecologia**, Berlin, v. 93, n. 4, p. 597-602, Apr. 1993.

PAYNE, W. J. A. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 1- 36, Aug. 1985.

PEREIRA, L. G. **Síntese dos métodos de pegada ecológica e análise emergética para diagnóstico da sustentabilidade de países: o Brasil como estudo de caso**. 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2008.

PEZO, D.; IBRAHIM, M. **Sistemas silvipastoriles**. Costa Rica: CATIE Proyecto Agroflorestal /GTZ, 1998. 12 p. (Materialies de Enseñanza. CATIE, 40).

PINHEIRO MACHADO, L. C. **Pastoreio racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2004. 310 p.

RESENDE, J. C. de et al. Alternativas agrícolas para diversificação da pecuária leiteira na região Campo das Vertentes. In: CARNEIRO, A. V. et al. (Org.). **Tecnologias de produção sustentável de bovinos de leite**. São João Del Rey: A. G. Assis, 2010. cap. 71, p. 103-110.

RIBEIRO, M. de S. **Contabilidade e meio ambiente**. 1992. 198 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

SÁ, A. L. de. **História geral e das doutrinas da contabilidade**. São Paulo: Atlas, 1997. 190 p.

SANTOS, B. de S. **Um discurso sobre as ciências**. Porto: Afrontamento, 2006. 58 p.

SCIENCEMAN, D. M. Energy and emergy. In: PILLET, G.; MUROTA, T. (Ed.). **Environmental economics**. Geneva: R. Leimgruber, 1987. chap. 9, p. 257-276.

SEJENOVICH, H.; GALLO MENDOZA, G. **Manual de cuentas patrimoniales**. Buenos Aires: IDEE/Fundación Bariloche, 1996. 221 p.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Custos unitários básicos de construção**. Disponível em: <[http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/cub/tabelas/tabela\\_cub\\_julho\\_2011.pdf](http://www.sinduscon-mg.org.br/site/arquivos/up/cub/tabelas/tabela_cub_julho_2011.pdf)>. Acesso em: 30 jul. 2011.

SOUZA, A. A. **Sustentabilidade e viabilidade econômica de um projeto de microdestilaria de álcool combustível em um grupo de agricultores do assentamento Gleba XV de Novembro**. 2011. 109 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

SU, M. R. et al. Urban ecosystem health assessment based on emergy and set pair analysis: a comparative study of typical Chinese cities. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 220, n. 18, p. 2341-2348, Sept. 2009.

SWEENEY, S. et al. Creation of a global emergy satabase for standardized national emergy synthesis. In: THE BIENNIAL EMERGY RESEARCH CONFERENCE, 4., 2007, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: Center for Environmental Policy, 2007. p. 231-238.

TAKAHASHI, F.; ORTEGA, E. Assessing the sustainability of Brazilian oleaginous crops - possible raw material to produce biodiesel. **Energy Policy**, Surrey, v. 38, n. 5, p. 2446-2454, May 2010.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions: the case of electricity production. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdam, v. 10, n. 4, p. 335-348, Aug. 2002.

ULGIATI, S. et al. Emery based indicators and rates to evaluate the sustainable use of resources. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 5, n. 4, p. 519-531, Dec. 1995.

VERGUTZ, L. et al. Mudanças na matéria orgânica do solo causadas pelo tempo de adoção de um sistema agrossilvopastoril com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 34, n. 1, p. 43-57, jan./fev. 2010.

YANG, Z. F. et al. Solar emery evaluation for Chinese economy. **Energy Policy**, Surrey, v. 38, n. 2, p. 875-886, Feb. 2010.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.

ZHANG, X. H. et al. A sustainability analysis of a municipal sewage treatment ecosystem based on emery. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 36, n. 5, p. 685-696, May 2010.

ZOCCAL, R.; SOUZA, A. D. Dinâmica da atividade leiteira na zona da mata e campo das vertentes em Minas Gerais. In: YAMAGUCHI, L. C. T. et al. (Ed.). **Aspectos sócio-econômicos e ambientais da produção de leite**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite, 2007. cap. 3, p. 28-39.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A

#### MEMORIAL DE CÁLCULO DA FAZENDA SANTA EDWIGES

---

##### 01 - Sol

|                    |   |                 |   |  |     |
|--------------------|---|-----------------|---|--|-----|
| Insolação          | = | <b>4,96</b>     | kWh/m <sup>2</sup> /dia   |  | [a] |
| Albedo             | = | 15              | (%)   |  | [a] |
| Conversão          | = | 365             | dias/ano  |  |     |
| Conversão          | = | 3600000         | J/kWh   |  |     |
| Conversão          | = | 10000           | m <sup>2</sup> /ha  |  |     |
|                    |   |                 | (kWh/m <sup>2</sup> /dia)*((100-albedo)/100)*365 dias/ano)*(3600000 |  |     |
| Energia (J)        | = |                 | J/kWh(10000 m <sup>2</sup> /ha)                                     |  |     |
| <b>Energia (J)</b> | = | <b>5,54E+13</b> | J/ha/ano  |  |     |

---

##### 02 - Chuva

|                    |   |                 |   |  |                        |
|--------------------|---|-----------------|---|--|------------------------|
| Chuva              | = | 1170            | mm/ano ou L/m <sup>2</sup> /ano                                     |  | [b]                    |
| Conversão          | = | 10000           | m <sup>2</sup> /ha  |  |                        |
| Conversão          | = | 1               | kg/L  |  |                        |
| Energia da chuva   | = | 5000            | J/kg  |  | Energia livre de Gibbs |
| Energia (J)        | = |                 | (precipitação)*(10000m <sup>2</sup> /ha)*(1kg/L)*(energia da chuva) |  |                        |
| <b>Energia (J)</b> | = | <b>5,85E+10</b> | J/ha/ano  |  |                        |

---

##### 03 - Nitrogênio fixado da atmosfera

|                                     |   |           |   |  |     |
|-------------------------------------|---|-----------|---|--|-----|
| N requerido                         | = | 20        | g de N/kg de<br>matéria seca                    |  | [c] |
| Produção de<br>matéria seca<br>(MS) | = | 8302,4855 | kg/ha/ano                                       |  | [d] |
| Conversão                           | = | 1000      | g/kg  |  |     |
| N fixado<br>anualmente              | = |           | (N requerido * Produção matéria seca/1000 g/kg) |  |     |
| <b>N fixado<br/>anualmente</b>      | = | <b>50</b> | J/ha/ano  |  |     |

---

---

 APÊNDICE A, continuação
 

---

**04 - Minerais do solo**

|                                     |   |   |                                     |     |
|-------------------------------------|---|---|-------------------------------------|-----|
| N requerido                         | = | 20  | g de Minerais/kg de<br>matéria seca | [c] |
| Produção de<br>matéria seca<br>(MS) | = | 8302,4855                                       | kg/ha/ano                           | [d] |
| Conversão                           | = | 1000  | g/kg                                |     |
| N fixado<br>anualmente              | = | (N requerido * Produção matéria seca/1000 g/kg) |                                     |     |
| <b>Minerais<br/>absorvidos</b>      | = | 50  | J/ha/ano                            |     |

---

**05 - Perda de solo**

|                              |   |  |          |     |
|------------------------------|---|--|----------|-----|
| Solo perdido                 | = | 17458,74   | kg/ha/a  | [e] |
| Média da matéria<br>orgânica | = | 2  | %        | [f] |
| Conversão                    | = | 5400   | kcal/kg  |     |
| Conversão                    | = | 4186   | J/kcal   |     |
| Energia (J)                  | = | (kg/ha/a)*(%m.o./100)*(5400 kcal/kg)*(4186 J/kcal) |          |     |
| <b>Energia (J)</b>           | = | 7,89E+09   | J/ha/ano |     |

---

**06 - Ração**

|                       |   |                                      |           |     |
|-----------------------|---|--------------------------------------|-----------|-----|
| Tamanho da<br>fazenda | = | 400                                  | ha        | [g] |
| Nº de animais         | = | 401                                  | Cabeças   | [g] |
| Consumo por<br>animal | = | 2200                                 | kg/ano    | [g] |
| Quantidade total      | = | (nº animais)*(consumo por animal)/ha |           |     |
| <b>Consumo</b>        | = | 2,21E+03                             | kg/ha/ano |     |

---

**07 - Sal**

|                       |   |     |         |     |
|-----------------------|---|-----|---------|-----|
| Tamanho da<br>fazenda | = | 400 | Ha      | [g] |
| Nº de animais         | = | 401 | Cabeças | [g] |
| Consumo por<br>animal | = | 185 | kg/ano  | [g] |

---

## APÊNDICE A, continuação

---

|                  |   |                                      |
|------------------|---|--------------------------------------|
| Quantidade total | = | (n° animais)*(consumo por animal)/ha |
| <b>Consumo</b>   | = | 1,85E+02 kg/ha/ano                   |

---

**08 - Calcário**

|                        |   |   |     |
|------------------------|---|---|-----|
| Tamanho da fazenda     | = | 400 ha  | [g] |
| Quantidade de calcário | = | 109000 kg/ano                                 | [g] |
| Quantidade             | = | (Quantidade de calcário)/(Tamanho da fazenda) |     |
| <b>Quantidade</b>      | = | 2,73E+02 kg/ha/ano                            |     |

---

**09 - Ureia**

|                    |   |                  |     |
|--------------------|---|------------------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 400 ha           | [g] |
| N° de animais      | = | 401 Cabeças      | [g] |
| Consumo total      | = | 37 kg/animal/ano | [g] |

|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| Quantidade        | = | (n° de animais)*(Consumo total kg/ano)/tamanho da fazenda |
| <b>Quantidade</b> | = | 3,75E+01 kg/ha/ano  |

---

**10 - Sêmen**

|                       |   |   |     |
|-----------------------|---|---|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 400 ha  | [g] |
| Número de doses       | = | 300 doses/ano   | [g] |
| Valor da dose         | = | 25 R\$  | [g] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65 US\$   | [h] |
| Valor                 | = | (número de doses)*(Vr proporcional do câmbio)/tamanho fazenda |     |
| <b>Valor</b>          | = | 3,09E+01 US\$/ha/ano  |     |

---

## APÊNDICE A, continuação

**11 - Vacinas e medicamentos**


---

|  |   |   |             |     |
|--|---|---|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda                     | = | 400   | ha          | [g] |
| Valor gasto com vacinas e medicamentos | = | 3395  | R\$         | [g] |
| Valor do câmbio dólar                  | = | 1,65  | US\$        | [h] |
| Valor                                  | = | (Vr vacinas e medicamentos)*(Vr proporcional do câmbio)/tamanho fazenda |             |     |
| <b>Valor</b>                           | = | 1,40E+01  | US\$/ha/ano |     |

---

**12 - Nitrogênio**


---

|                          |   |                      |           |     |
|--------------------------|---|----------------------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda       | = | 400                  | ha        | [g] |
| Quantidade de nitrogênio | = | 1,85E+04             | kg        | [g] |
| Quantidade               | = | (Quantidade de N)/ha |           |     |
| Quantidade               | = | 4,62E+01             | kg/ha/ano |     |

---

**13 - Fósforo**


---

|                       |   |                      |           |     |
|-----------------------|---|----------------------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 400                  | ha        | [g] |
| Quantidade de fósforo | = | 1,52E+04             | kg        | [g] |
| Quantidade            | = | (Quantidade de P)/ha |           |     |
| Quantidade            | = | 3,80E+01             | kg/ha/ano |     |

---

**14 - Potássio**


---

|                        |   |                      |           |     |
|------------------------|---|----------------------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda     | = | 400                  | ha        | [g] |
| Quantidade de potássio | = | 1,41E+04             | kg        | [g] |
| Quantidade             | = | (Quantidade de K)/ha |           |     |
| Quantidade             | = | 3,52E+01             | kg/ha/ano |     |

---

## APÊNDICE A, continuação

**15 - Herbicida**


---

|                         |   |                              |           |     |
|-------------------------|---|------------------------------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda      | = | 400                          | ha        | [g] |
| Quantidade de herbicida | = | 208                          | kg/ano    | [g] |
| Quantidade              | = | (Quantidade de herbicida)/ha |           |     |
| Quantidade              | = | 5,20E-01                     | kg/ha/ano |     |

---

**16 - Aço**


---

|                    |   |          |           |     |
|--------------------|---|----------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 400      | ha        | [g] |
| Quantidade         | = | 7,05E+05 | kg        | [g] |
| Vida útil          | = | 10       | Anos      |     |
| Valor              | = | 1,76E+02 | kg/ha/ano |     |

---

**17 - Plástico**


---

|                    |   |          |           |     |
|--------------------|---|----------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 400      | ha        | [g] |
| Quantidade         | = | 3,66E+02 | kg        | [g] |
| Vida útil          | = | 10       | Anos      |     |
| Valor              | = | 9,15E-02 | kg/ha/ano |     |

---

**18 - Construção civil**


---

|                       |   |  |             |     |
|-----------------------|---|--|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 400  | ha          | [g] |
| Área de construção    | = | 400  | M2          | [g] |
| Preço do M2           | = | 920  | R\$         | [i] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65   | US\$        | [h] |
| Vida útil             | = | 30   | Anos        |     |
| Valor                 | = | (Área de construção)*(Preço do M2 em Dólar)/(Vida útil)/(Tamanho da fazenda) |             |     |
| Valor                 | = | 5,06E+01   | US\$/ha/ano |     |

---

## APÊNDICE A, continuação

**19 - Poço artesiano**


---

|                       |   |                                       |             |     |
|-----------------------|---|---------------------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 400                                   | ha          | [g] |
| Valor do poço         | = | 12000                                 | R\$         | [g] |
| Vida útil             | = | 30                                    | Anos        |     |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65                                  | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (valor do poço em dólar)/vida útil/ha |             |     |
| Valor                 | = | 1,65E+00                              | US\$/ha/ano |     |

---

**20 - Sementes**


---

|                       |   |  |             |     |
|-----------------------|---|--|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 400  | ha          | [g] |
| Valor das sementes    | = | 16646  | R\$         | [g] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65   | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (Valor das sementes em dólar)/tamanho da fazenda |             |     |
| Valor                 | = | 7,E+01   | US\$/ha/ano |     |

---

**21 - Eletricidade**


---

|                    |   |                                 |         |     |
|--------------------|---|---------------------------------|---------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 400                             | ha      | [g] |
| Consumo de energia | = | 40272                           | kWh/ano | [g] |
| Conversão          | = | 3600000                         | J/kWh   |     |
| Energia (J)        | = | (consumo de energia)*3600000/ha |         |     |
| Energia (J)        | = | 4,E+08                          |         |     |

---

**22 - Mecanização terceirizada**


---

|                               |   |       |         |     |
|-------------------------------|---|-------|---------|-----|
| Tamanho da fazenda            | = | 400   | ha      | [g] |
| Valor pago pela terceirização | = | 40223 | R\$/ano | [g] |
| Valor do câmbio dólar         | = | 1,65  | US\$    | [h] |

---

## APÊNDICE A, continuação

---

|       |   |                                |
|-------|---|--------------------------------|
| Valor | = | (Vr terceirização em dólar)/ha |
| Valor | = | 2,E+02      US\$/ha/ano        |

---

**23 - Telefone**

|                       |   |                            |             |     |
|-----------------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 400                        | ha          | [g] |
| Valor consumido       | = | 3840                       | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor                 | = | 2,E+01                     | US\$/ha/ano |     |

---

**24 - Manutenção máquinas e instalações**

|                       |   |                            |             |     |
|-----------------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 400                        | ha          | [g] |
| Valor consumido       | = | 1800                       | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor                 | = | 7,E+00                     | US\$/ha/ano |     |

---

**25 - Assistência técnica**

|                       |   |                            |             |     |
|-----------------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 400                        | ha          | [g] |
| Valor consumido       | = | 13200                      | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor                 | = | 5,E+01                     | US\$/ha/ano |     |

---

**26 - Contabilidade**

|                    |   |      |        |     |
|--------------------|---|------|--------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 400  | ha     | [g] |
| Valor consumido    | = | 4032 | Rs/ano | [g] |

---

## APÊNDICE A, conclusão

---

|                 |   |                            |             |     |
|-----------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Valor do câmbio |   |                            |             |     |
| dólar           | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor           | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor           | = | 2,E+01                     | US\$/ha/ano |     |

---

**27 - Tributos**

|                 |   |                            |             |     |
|-----------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da      |   |                            |             |     |
| fazenda         | = | 400                        | ha          | [g] |
| Valor consumido | = | 11945                      | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio |   |                            |             |     |
| dólar           | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor           | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor           | = | 5,E+01                     | US\$/ha/ano |     |

---

**28 – Mão de obra mais tributos trabalhistas**

|                 |   |                      |             |     |
|-----------------|---|----------------------|-------------|-----|
| Tamanho da      |   |                      |             |     |
| fazenda         | = | 400                  | ha          | [g] |
| Valor da MDO    | = | 183600               | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio |   |                      |             |     |
| dólar           | = | 1,65                 | US\$        | [h] |
| Valor           | = | (Vr MDO em dólar)/ha |             |     |
| Valor           | = | 8,E+02               | US\$/ha/ano |     |

---

- [a] Obtido por meio de consulta ao Atmospheric Science Data Center (2011)
- [b] Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2011)
- [c] Souza (2011)
- [d] Estimado a partir do uso de solo definido no estudo de Aber, Melillo e McClaugherty (1991)
- [e] Calculado a partir da definição de Cortez et al. (2008)
- [f] Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo - ITESP (1999)
- [g] Dados obtidos *in loco*.
- [h] Projeção do mercado financeiro para a taxa média de câmbio para 2011 para o dólar
- [i] Levantamento realizado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado de Minas Gerais - SIDUSCON (2011)

## APÊNDICE B

### MEMORIAL DE CÁLCULO DA FAZENDA BOA VIDA

---

#### 01 - Sol

|                    |   |                                 |   |     |
|--------------------|---|---------------------------------|---|-----|
| Insolação          | = | <b>4,96</b>                     | kWh/m <sup>2</sup> /dia   | [a] |
| Albedo             | = | 15                              | (%)   | [a] |
| Conversão          | = | 365                             | dias/ano  |     |
| Conversão          | = | 3600000                         | J/kWh   |     |
| Conversão          | = | 10000                           | m <sup>2</sup> /ha  |     |
|                    |   |                                 | (kWh/m <sup>2</sup> /dia)*((100-albedo)/100)*365 dias/ano)*(3600000 |     |
| Energia (J)        | = | J/kWh(10000 m <sup>2</sup> /ha) |   |     |
| <b>Energia (J)</b> | = | <b>5,54E+13</b>                 | J/ha/ano  |     |

---

#### 02 - Chuva

|                    |   |  |                                 |                        |
|--------------------|---|--|---------------------------------|------------------------|
| Chuva              | = | 1170   | mm/ano ou L/m <sup>2</sup> /ano | [b]                    |
| Conversão          | = | 10000  | m <sup>2</sup> /ha              |                        |
| Conversão          | = | 1  | kg/L                            |                        |
| Energia da         |   |  |                                 |                        |
| Chuva              | = | 5000   | J/kg                            | Energia livre de Gibbs |
| Energia (J)        | = | (precipitação)*(10000m <sup>2</sup> /ha)*(1 kg/L)*(energia da chuva) |                                 |                        |
| <b>Energia (J)</b> | = | <b>5,85E+10</b>  | J/ha/ano                        |                        |

---

#### 03 - Nitrogênio fixado da atmosfera

|                               |   |   |                           |     |
|-------------------------------|---|---|---------------------------|-----|
| N requerido                   | = | 20  | g de N/kg de matéria seca | [c] |
| Produção de matéria seca (MS) | = | 8302,4855                                       | kg/ha/ano                 | [d] |
| Conversão                     | = | 1000  | g/kg                      |     |
| N fixado anualmente           | = | (N requerido * Produção matéria seca/1000 g/kg) |                           |     |
| <b>N fixado anualmente</b>    | = | <b>166</b>                                      |                           |     |

---

---

 APÊNDICE B, continuação
 

---

**04 - Minerais do solo**

|                                     |   |  |                                     |     |
|-------------------------------------|---|--|-------------------------------------|-----|
| N requerido                         | = | 20   | g de Minerais/kg de<br>matéria seca | [c] |
| Produção de<br>matéria seca<br>(MS) | = | 8302,4855  | kg/ha/ano                           | [d] |
| Conversão                           | = | 1000   | g/kg                                |     |
| N fixado<br>anualmente              | = | (N requerido * Produção matéria seca/1000 g/kg)*ha |                                     |     |
| <b>Minerais<br/>absorvidos</b>      | = | 166  |                                     |     |

---

**05 - Perda de solo**

|                              |   |  |         |     |
|------------------------------|---|--|---------|-----|
| Solo perdido                 | = | 17458,74   | kg/ha/a | [e] |
| Média da matéria<br>orgânica | = | 2  | %       | [f] |
| Conversão                    | = | 5400   | kcal/kg |     |
| Conversão                    | = | 4186   | J/kcal  |     |
| Energia (J)                  | = | (kg/ha/a)*(%m.o./100)*(5400 kcal/kg)*(4186 J/kcal) |         |     |
| <b>Energia (J)</b>           | = | 7,89E+11   |         |     |

---

**06 - Ração**

|                       |   |                                      |           |     |
|-----------------------|---|--------------------------------------|-----------|-----|
| Tamanho da<br>fazenda | = | 41                                   | ha        | [g] |
| Nº de animais         | = | 178                                  | Cabeças   | [g] |
| Consumo por<br>animal | = | 1000                                 | kg/ano    | [g] |
| Quantidade total      | = | (nº animais)*(consumo por animal)/ha |           |     |
| <b>Consumo</b>        | = | 4,34E+03                             | kg/ha/ano |     |

---

**07 - Sal**

|                       |   |     |         |     |
|-----------------------|---|-----|---------|-----|
| Tamanho da<br>fazenda | = | 41  | ha      | [g] |
| Nº de animais         | = | 178 | Cabeças | [g] |
| Consumo por<br>animal | = | 185 | kg/ano  | [g] |

---

APÊNDICE B, continuação

---

|                  |   |                                      |
|------------------|---|--------------------------------------|
| Quantidade total | = | (n° animais)*(consumo por animal)/ha |
| <b>Consumo</b>   | = | 8,03E+02 kg/ha/ano                   |

---

**08 - Calcário**

|                        |   |   |     |
|------------------------|---|---|-----|
| Tamanho da fazenda     | = | 41 ha   | [g] |
| Quantidade de calcário | = | 7500 kg/ano                                   | [g] |
| Quantidade             | = | (Quantidade de calcário)/(Tamanho da fazenda) |     |
| <b>Quantidade</b>      | = | 1,83E+02 kg/ha/ano                            |     |

---

**09 - Ureia**

|                    |   |   |     |
|--------------------|---|---|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 41 ha   | [g] |
| N° de animais      | = | 178 Cabeças   | [g] |
| Consumo total      | = | 20 kg/animal/ano  | [g] |
| Quantidade         | = | (n° de animais)*(Consumo total kg/ano)/tamanho da fazenda |     |
| <b>Quantidade</b>  | = | 8,68E+01 kg/ha/ano  |     |

---

**10 - Vacinas e medicamentos**

|  |   |   |     |
|--|---|---|-----|
| Tamanho da fazenda                     | = | 41 ha   | [g] |
| Valor gasto com vacinas e medicamentos | = | 1507 R\$  | [g] |
| Valor do câmbio dólar                  | = | 1,65 US\$   | [h] |
| Valor                                  | = | (Vr vacinas e medicamentos)*(Vr proporcional do câmbio)/tamanho fazenda |     |
| <b>Valor</b>                           | = | 6,06E+01 US\$/ha/ano  |     |

---

---

 APÊNDICE B, continuação
 

---

**11 - Herbicida**

|                         |   |                              |           |     |
|-------------------------|---|------------------------------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda      | = | 41                           | Ha        | [g] |
| Quantidade de herbicida | = | 36                           | kg/ano    | [g] |
| Quantidade              | = | (Quantidade de herbicida)/ha |           |     |
| Quantidade              | = | 8,78E-01                     | kg/ha/ano |     |

---

**12 - Aço**

|                    |   |          |           |     |
|--------------------|---|----------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 41       | ha        | [g] |
| Quantidade         | = | 9,87E+04 | kg        | [g] |
| Vida útil          | = | 13       | Anos      |     |
| Valor              | = | 1,85E+02 | kg/ha/ano |     |

---

**13 - Plástico**

|                    |   |          |           |     |
|--------------------|---|----------|-----------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 41       | ha        | [g] |
| Quantidade         | = | 3,66E+02 | kg        | [g] |
| Vida útil          | = | 10       | Anos      |     |
| Valor              | = | 8,93E-01 | kg/ha/ano |     |

---

**14 - Construção civil**

|                          |   |  |             |     |
|--------------------------|---|--|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda       | = | 41                                       | ha          | [g] |
| Valor de toda construção | = | 624000                                   | R\$         | [g] |
| Valor do câmbio dólar    | = | 1,65                                     | US\$        | [h] |
| Vida útil                | = | 30                                       | Anos        |     |
| Valor                    | = | (Vr da construção em dólar)/ha/vida útil |             |     |
| Valor                    | = | 8,37E+02                                 | US\$/ha/ano |     |

---

---

**APÊNDICE B, continuação**


---

**15 - Poço artesiano**

|                       |   |                                       |             |     |
|-----------------------|---|---------------------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 41                                    | ha          | [g] |
| Valor do poço         | = | 12000                                 | R\$         | [g] |
| Vida útil             | = | 30                                    | Anos        |     |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65                                  | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (valor do poço em dólar)/vida útil/ha |             |     |
| Valor                 | = | 1,61E+01                              | US\$/ha/ano |     |

---

**16 - Sementes**

|                       |   |  |             |     |
|-----------------------|---|--|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 41   | ha          | [g] |
| Valor das sementes    | = | 5000   | R\$         | [g] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65   | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (Valor das sementes em dólar)/tamanho da fazenda |             |     |
| Valor                 | = | 2,E+02   | US\$/ha/ano |     |

---

**17 - Eletricidade**

|                    |   |                                 |         |     |
|--------------------|---|---------------------------------|---------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 41                              | ha      | [g] |
| Consumo de energia | = | 17727                           | kWh/ano | [g] |
| Conversão          | = | 3600000                         | J/kWh   |     |
| Energia (J)        | = | (consumo de energia)*3600000/ha |         |     |
| Energia (J)        | = | 2,E+09                          |         |     |

---

**18 - Mecanização terceirizada**

|                               |   |                                |             |     |
|-------------------------------|---|--------------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda            | = | 41                             | ha          | [g] |
| Valor pago pela terceirização | = | 6000                           | R\$/ano     | [g] |
| Valor do câmbio dólar         | = | 1,65                           | US\$        | [h] |
| Valor                         | = | (Vr terceirização em dólar)/ha |             |     |
| Valor                         | = | 2,E+02                         | US\$/ha/ano |     |

---

---

 APÊNDICE B, continuação
 

---

**19 - Eucalipto**

|  |   |   |             |     |
|--|---|---|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda                     | = | 41  | ha          | [g] |
| Número de eucaliptos                   | = | 200   | Pés         | [g] |
| Anos para corte                        | = | 22  | anos        | [g] |
| Valor do plantio do eucalipto com muda | = | 1,40  | R\$/muda    | [i] |
| Valor do câmbio dólar                  | = | 1,65  | US\$        | [h] |
| Valor                                  | = | (Nº de eucaliptos*Valor do eucalipto em dólar)/ano/ha |             |     |
| Valor                                  | = | 5,E-01  | US\$/ha/ano |     |

---

**20 - Manutenção máquinas e instalações**

|                       |   |                            |             |     |
|-----------------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 41                         | ha          | [g] |
| Valor consumido       | = | 1200                       | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor                 | = | 5,E+01                     | US\$/ha/ano |     |

---

**21 - Assistência técnica**

|                       |   |                            |             |     |
|-----------------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da fazenda    | = | 41                         | ha          | [g] |
| Valor consumido       | = | 6000                       | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio dólar | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor                 | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor                 | = | 2,E+02                     | US\$/ha/ano |     |

---

**22 - Contabilidade**

|                    |   |      |        |     |
|--------------------|---|------|--------|-----|
| Tamanho da fazenda | = | 41   | ha     | [g] |
| Valor consumido    | = | 1800 | Rs/ano | [g] |

---

---

**APÊNDICE B, conclusão**


---

|                 |   |                            |             |     |
|-----------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Valor do câmbio |   |                            |             |     |
| dólar           | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor           | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor           | = | 7,E+01                     | US\$/ha/ano |     |

---



---

**23 - Tributos**


---

|                 |   |                            |             |     |
|-----------------|---|----------------------------|-------------|-----|
| Tamanho da      |   |                            |             |     |
| fazenda         | = | 41                         | ha          | [g] |
| Valor consumido | = | 2400                       | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio |   |                            |             |     |
| Dólar           | = | 1,65                       | US\$        | [h] |
| Valor           | = | (Vr consumido em dólar)/ha |             |     |
| Valor           | = | 1,E+02                     | US\$/ha/ano |     |

---



---

**24 - Mão de obra mais tributos trabalhistas**


---

|                 |   |                      |             |     |
|-----------------|---|----------------------|-------------|-----|
| Tamanho da      |   |                      |             |     |
| fazenda         | = | 41                   | ha          | [g] |
| Valor da MDO    | = | 36000                | Rs/ano      | [g] |
| Valor do câmbio |   |                      |             |     |
| dólar           | = | 1,65                 | US\$        | [h] |
| Valor           | = | (Vr MDO em dólar)/ha |             |     |
| Valor           | = | 1,E+03               | US\$/ha/ano |     |

---

- [a] Obtido por meio de consulta ao Atmospheric Science Data Center (2011)  
 Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (2011)
- [b]
- [c] Souza (2011)
- [d] Estimado a partir do uso de solo definido no estudo de Aber, Melillo e  
 McClaugherty (1991)
- [e] Calculado a partir da definição de Cortez et al. (2008)
- [f] Fundação Instituto de Terras do Estado de São Paulo - ITESP (1999)
- [g] Dados obtidos in loco.
- [h] Projeção do mercado financeiro para a taxa média de câmbio para 2011 para o  
 dólar
- [i] Notícia fornecida pelo técnico Leonardo Calçavara da Emater de Coronel  
 Xavier Chaves, Coronel Xavier Chaves (MG) em 06 de setembro de 2011.

## APÊNDICE C

### GLOSSÁRIO DE CONCEITOS EMERGÉTICOS

**Diagrama Sistêmico** – É a representação gráfica do sistema analisado sob a simbologia da energia.

**Energia** – Pode também ser denominada de memória energética. É o levantamento de todos os fatores que contribuem para a produção de bens e serviços num mesmo denominador: a energia da radiação solar equivalente ou necessária para o processo integral de produção que tem como medida o emjoule ou seJ/J.

**Energia do produto (EP)** – É a quantificação da energia final contida em um produto, em joules.

**Intensidade emergética** – Designa quanta energia solar equivalente (seJ) há por joule, kg ou dólar de um recurso. É a razão entre a energia mínima necessária para um ecossistema produzir um recurso e a energia final contida nos recursos produzidos, ou seu valor em moeda ou peso em kg. Dessa forma, a unidade da intensidade emergética é o emjoule solar/Joule ou emjoule solar/kg ou, ainda, emjoule solar/US\$. Pode também ser representada por seJ/J, seJ/kg ou seJ/US\$.

**Razão da carga ambiental** – É a relação entre a soma da energia comprada com a energia não-renovável pela energia livre ambiental.

**Razão de intercâmbio de energia** – É a proporção de energia recebida em relação com a energia entregue em uma transação comercial.

**Razão de investimento energético** – É a razão entre os recursos da economia e os recursos da natureza quantificados pela energia.

**Razão de rendimento energético** – É a divisão da energia do produto produzido no sistema pela energia das entradas dos recursos da economia.

**Transformidade** – Refere-se apenas à razão da energia solar equivalente (seJ), que é a energia necessária para se produzir um produto, com a energia final contida neste produto, em joules. Tem como unidade de medida seJ/J.