



MARCELO CARVALHO RAMOS

**SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE
LEITE - INTERFERÊNCIA DOS PROCESSOS
PRODUTIVOS NO BALANÇO ENERGÉTICO E
ECONÔMICO EM SISTEMA INTENSIVO**

LAVRAS - MG

2012

MARCELO CARVALHO RAMOS

**SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE - INTERFERÊNCIA
DOS PROCESSOS PRODUTIVOS NO BALANÇO ENERGÉTICO E
ECONÔMICO EM SISTEMA INTENSIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos

Coorientadores

Prof. Dr. Tadayuki Yanagi Júnior

Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes

LAVRAS – MG

2012

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

Ramos, Marcelo Carvalho.

Sustentabilidade na produção de leite: interferência dos processos produtivos no balanço energético e econômico em sistema intensivo / Marcelo Carvalho Ramos. – Lavras : UFLA, 2012.

111 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Alessandro Torres Campos.

Bibliografia.

1. Bovinocultura leiteira. 2. Construções rurais. 3. Eficiência energética. 4. Análise econômica. 5. Processos produtivos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 333.7966

MARCELO CARVALHO RAMOS

**SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE - INTERFERÊNCIA
DOS PROCESSOS PRODUTIVOS NO BALANÇO ENERGÉTICO E
ECONÔMICO EM SISTEMA INTENSIVO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração Construções, Ambiente e Tratamento de Resíduos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 9 de agosto de 2012.

Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes UFLA

Prof. Dr. Paulo Cesar Hardoim UFLA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Silva Volpato UFLA

Prof. Dr. Marcos Aurélio Lopes UFLA

Prof. Dr. Alessandro Torres Campos

Orientador

LAVRAS - MG

2012

Aos meus pais, João Ramos (*in memoriam*) e Maria José, por terem me ensinado os verdadeiros valores da vida.

À minha esposa, Isa Mara e minhas filhas, Marcella e Yasmin, pela compreensão e apoio neste projeto.

Ao meu sogro, Jair e minha sogra, Mauri, por não medirem esforços.

Aos meus cunhados, Jussara e Leyser, pela preocupação.

A Deus, acima de tudo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Engenharia (DEG), pela oportunidade concedida para a realização do mestrado.

Ao Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG), pelo apoio, incentivo e confiança.

Aos proprietários da Fazenda Estiva, por toda a ajuda e disponibilidade da fazenda para realização da coleta de dados e informações técnicas.

*O Senhor é o meu pastor; nada me faltará.
Deitar-me faz em pastos verdejantes; guia-me mansamente a águas tranquilas.
Refrigera a minha alma; guia-me nas veredas da justiça por amor do seu nome.
Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não temerei mal algum,
porque tu estás comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam.*

SALMO 23,1 -4.

BIOGRAFIA

Marcelo Carvalho Ramos, filho de João Ramos de Lima e Maria José de Carvalho Ramos, nasceu na cidade de Santo André, SP, em 07 de fevereiro de 1970. Formou-se em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ), em fevereiro de 1994. É pós-graduado em Qualidade e Produtividade, pela Faculdade de Engenharia Industrial de São Bernardo do Campo (FEI), SP. Em março de 2011, iniciou o mestrado em Engenharia Agrícola, realizando seus estudos na área de Construções, Ambiência e Tratamento de Resíduos.

RESUMO

O trabalho foi realizado com o objetivo de analisar os fluxos energéticos e econômicos na produção de leite bovino em uma propriedade localizada no município de Córrego Fundo, centro-oeste do estado de Minas Gerais, considerando-se os processos comumente praticados pelos pecuaristas em sistemas intensivos de produção. Para tanto, foram coletados dados relativos ao consumo em horas máquinas, energia elétrica, tempo de ordenha, consumo de água, insumos agrícolas e veterinários, trabalho humano, consumo de óleo diesel, graxa, lubrificantes, alimentação volumosa, concentrados e toda energia indireta proveniente das máquinas, equipamentos e infraestrutura das construções rurais. Visando obter uma metodologia de classificação dos processos que possibilitasse uma melhor visualização do fluxo energético e seus devidos valores, foi proposto o Mapa de Fluxo de Valor Energético (MFVE), no qual toda energia direta e indireta proveniente dos insumos aplicados na produção do leite foi demonstrada em seus respectivos processos. A conversão dos insumos consumidos na produção do leite, no ano de 2011, em unidades energéticas e econômicas, foi realizada por meio de coeficientes oriundos da literatura, assim como por métodos de depreciação de máquinas, equipamentos, construções rurais e um cálculo apurado da mão de obra rural. Dentre os resultados encontrados, pode-se depreender que o MFVE proposto pode ser utilizado para a determinação de melhores práticas agropecuárias, do ponto de vista energético e social. O balanço econômico possibilitou identificar os melhores itinerários no sistema de produção, sob o ponto de vista financeiro. As análises energéticas e econômicas possibilitaram verificar a alta complexidade e riscos para os produtores de leite em Minas Gerais, mas também se mostraram favoráveis à aplicação de ações direcionadas à sustentabilidade.

Palavras-chave: Análise econômica. Bovinocultura. Construções rurais. Eficiência energética. Processos produtivos.

ABSTRACT

This study aimed to analyze and the energy and economic flows from dairy cattle milk production on a farm located in Córrego Fundo, Midwest of Minas Gerais State, considering the processes commonly practiced by farmers in intensive production systems. By the way, data were collected related to consumption in hours machinery, electricity, milking time, water consumption, agricultural and veterinary products, human labor, diesel oil consumption, lubricants grease, bulky power, and all concentrated indirect energy from the machinery, equipment and infrastructure of rural buildings. Seeking to find a methodology that enables a better visualization of energy flow and their proper values, we proposed the Stream Energy Map Value (SEMV), in which all direct and indirect energy inputs used in the production of milk were shown in their respective processes. The conversion of inputs consumed in the production of milk in 2011, in energy and economic units, was performed using coefficients from the literature, and methods of machinery depreciation equipment, rural buildings and a more accurate calculation of rural labor. From the results, we can determine that the proposed SEMV can be used for best agricultural practices, considering energy and social points of view. The economic balance is key to defining the best routes to production system from the economical point of view. An economic analysis were made to verify the possible high complexity and risks for milk producers in Minas Gerais, but also proved favorable to the implementation of actions aimed at sustainability.

Keywords: Economic. Analysis. Dairy Cattle. Rural buildings and structures. Energy efficiency. Productive processes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

PRIMEIRA PARTE

- Quadro 1 Identificação das construções rurais necessárias ao sistema de produção intensiva de leite26

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

- FIGURA 1. Participação dos processos na matriz energética do sistema intensivo de produção de leite (%). **Process participation in the energy system of intensive milk production (%)**.80
- FIGURA 2. Principais componentes de consumo energético do sistema intensivo de produção de leite (%MJ ano⁻¹). **Main components of the milk intensive energy system production (%MJ ano⁻¹)**.81
- FIGURA 3. Mapa de Fluxo de Valor Energético (MFVE) aplicado a um sistema intensivo de produção de leite, em 2011. **Flow Energy Values Map (FEVM) applied to an milk intensive system production in 2011**.....83

ARTIGO 2

- Figura 1. Participação dos processos na matriz econômica e energética do sistema de produção de leite (%). **Participation in the array of processes of economic and energy system of milk production (%)**. 107
- Figura 2. Principais componentes de custo variável do sistema de produção de leite (%MJ ano⁻¹). **Major components of the system variable cost intensive milk production (%MJ year⁻¹)**..... 108

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1	Peso (kg), vida útil (hora) e demanda específica de energia indireta (DEE-IN, MJ h ⁻¹) de trator agrícola e equipamentos utilizados na cultura e ensilagem de milho.....	30
Tabela 2	Coefficientes energéticos para os três principais componentes primários de macronutrientes – NPK	36
Tabela 3	Valores calóricos da energia direta de produtos agroquímicos utilizados na cultura do milho.....	38
Tabela 4	Indicadores energéticos de alguns medicamentos associados á produção e à criação de animais	42
Tabela 5	Encargos sociais sobre o salário base	46
Tabela 6	Vida útil das máquinas e equipamentos agrícolas	48

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

TABELA 1.	Energia empregada no processo de produção de silagem de milho. Energy employed in the production process of corn silage.	74
TABELA 2.	Energia empregada ao processo de alimentação do rebanho. Energy employed in the feeding process the flock.	75
TABELA 3.	Energia empregada ao processo de sanidade animal. Energy employed to health animal process.	76
TABELA 4.	Energia empregada ao processo de ordenha. Energy employed the milking process.	77
TABELA 5.	Energia empregada ao processo de manejo sanitário. Energy employed to animal care's process.	78
TABELA 6.	Energia empregada ao processo de controle de produção. Energy employed to process production control.	79

ARTIGO 2

TABELA 1. Resumo da análise de rentabilidade do sistema de produção de leite no ano de 2011. Summary of profitability analysis system milk production in 2011.	97
TABELA 2. Custo operacional na produção de silagem de milho. Operating cost in the production of corn silage.	100
TABELA 3. Custo operacional na alimentação do rebanho. Operating cost in feeding the flock.	102
TABELA 4. Custo operacional no processo de sanidade animal. Operating cost in the processes of animal.	103
TABELA 5. Custo operacional no processo de ordenha. Operating cost in the process of milking machine.	104
TABELA 6. Custo operacional no processo de manejo sanitário. Operating cost in the process of waste management.	105
TABELA 7. Custo operacional no processo de controle de produção. Operating cost in the process of production control.	106

LISTA DE SÍMBOLOS E SIGLAS

MFVE	mapa de fluxo de valor energético
Tep	tonelada equivalente de petróleo
kg	quilograma
L	litro
t	tonelada
kW	quilowatt
h	horas
m ²	metros quadrados
ml	metros lineares
kcal	quilocalorias
MJ	megajoules
J	joules
MJ ano ⁻¹	megajoules por ano
MJ L ⁻¹	megajoules por litro
MJ kg ⁻¹	megajoules por quilograma
MJ kWh ⁻¹	megajoules por quilowatt hora
COT	custo operacional total
COE	custo operacional efetivo
CV	custo variável
CF	custo fixo
RT	receita total
MB	margem bruta
ML	margem líquida
MBL	margem bruta por kg de leite
MLL	margem líquida por kg de leite

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	15
1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	A sociedade e a agropecuária	18
2.2	O uso da energia	19
2.3	A produção de leite no Brasil	21
2.4	As formas de energia na agropecuária	22
2.5	Os processos agropecuários	24
2.5.1	As construções rurais para os processos agropecuários	25
2.5.2	Manejo de dejetos nas instalações agropecuárias	26
2.6	Os insumos agropecuários e suas grandezas energéticas	28
2.6.1	A mão de obra	28
2.6.2	Máquinas e equipamentos agrícolas	29
2.6.3	A água	31
2.6.4	Corretivos de solos	32
2.6.5	Adubos e fertilizantes	34
2.6.6	Sementes de milho	36
2.6.7	Defensivos agrícolas	37
2.6.8	Alimentação volumosa e concentrada	39
2.6.9	Produtos de uso veterinário	40
2.7	Os custos na agropecuária	43
2.7.1	Os custos da mão de obra rural	44
2.7.2	Os custos da mecanização agrícola	46
2.8	Análise do fluxo de valor	52
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
	REFERÊNCIAS	56
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	64
	ARTIGO 1 Sustentabilidade na produção de leite: balanço energético em sistema intensivo de produção com visão focada nos processos	64
	ARTIGO 2 Sustentabilidade na produção de leite: balanço econômico e energético de um sistema intensivo no cerrado	88

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Uma das principais mudanças na economia brasileira ocorreu na década de 1990, com a abertura do mercado externo. Nesta nova realidade, a economia desponta em ritmo de crescimento acelerado, dada a grande capacidade do país em se adequar às novas técnicas de produção e gestão ambiental, visando acompanhar o mercado e satisfazer à demanda interna e externa.

A busca por aumento na produtividade tem sido a forma encontrada pelos produtores rurais, notadamente na produção do leite, visando obter melhores resultados econômicos. O aumento na demanda por leite no mercado gera a necessidade de aumento da produção e, conseqüentemente, maior consumo energético, ocasionando, assim, impactos ambientais muitas vezes irreversíveis.

O Brasil tem potencial energético a ser explorado em diversas formas, porém, com o advento dos motores a diesel, a mecanização agrícola provocou um grande aumento na escala de produção, que também conjuga com a energia elétrica distribuída pelas concessionárias locais, favorecendo ainda mais os setores produtivos. Dessa forma, o ciclo produtivo requer novas fontes energéticas necessárias à melhoria dos processos, buscando-se mais eficiência, produtividade e qualidade.

O balanço energético, segundo Campos e Campos (2004), pode ser visto como um indicador que auxilia na tomada de decisões relativas às técnicas de manejos agropecuários e possui também enorme potencial para buscar a economia energética e a melhoria na eficiência dos insumos, culminando na redução de custos em sistemas produtivos.

Por outro lado, analisar sistemas produtivos do ponto de vista econômico ou de produtividade é, certamente, uma atividade que vigora há longos anos na administração de qualquer segmento de negócio, em que é dada ênfase na redução de custos, seja por eliminação de desperdícios ou pela melhoria dos processos produtivos na busca por resultados mais eficientes e com disposição natural e instintiva para melhores resultados econômicos.

Para se determinar os tipos e as formas de energia que adentram o sistema intensivo de leite, é importante conhecer a arquitetura de seus processos, como eles se inter-relacionam, em quais períodos isso ocorre, além de aspectos técnicos relacionados à quantidade, à qualidade e à frequência com que ocorrem as atividades da produção.

Na bovinocultura de leite intensiva, por meio de sistemas de confinamento, há a necessidade de preparo de toda a infraestrutura necessária para alojar as vacas, principal meio de produção, de forma a propiciar condições adequadas de conforto ambiental e manejo.

Na condução das atividades produtivas, um dos processos de maior importância é a ordenha, com rotina ininterrupta de duas ou três seções diárias. Para se atingir elevada produção de leite, o animal necessita de alimentação balanceada, repouso e boas condições sanitárias e de ambiência. Caso contrário, poderá resultar em diminuição na produção.

As atividades de manejo requerem grande empenho de recursos humanos e equipamentos, além de técnicas relacionadas à saúde do animal, capazes de garantir a reprodução e a continuidade do rebanho.

Quando se busca avaliar a sustentabilidade energética, deve-se, primeiramente, definir as formas de energia empregada no biosistema. A bovinocultura de leite consome muitas formas de energia e as transforma em leite, que se configura como saída do processo. O balanço energético tem o potencial de melhorar a visibilidade das entradas energéticas e ainda oferece a

possibilidade de se efetuar estudos econômicos, buscando maior eficiência no consumo energético e aumento na produção.

Conhecer as formas de energia dentro de uma visão de processos permitiu uma análise dos fluxos de valores e, conseqüentemente, do fluxo energético e econômico, representado dentre os processos, auxiliando nas tomadas de decisões, não somente financeiras, mas a partir de uma visão social e ambiental.

Como em qualquer segmento de negócio, os processos devem se relacionar, a fim de que o produto final seja disponibilizado para o consumo e os caminhos pelos quais os processos ocorrem devem ser conhecidos e estudados, de modo a permitir melhor planejamento e controle da produção. Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de definir as fronteiras de um sistema intensivo de produção de leite e identificar as formas como se importa, exporta e se transforma a energia para a sua produção, buscando também compreender os impactos energéticos e econômicos desse sistema produtivo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento de um país está altamente correlacionado com seu consumo energético, que se apresenta em variadas formas, mas sem o qual não seria possível manter a atual condição socioeconômica mundial. As estimativas de aumento populacional apresentam o potencial de um salto de 6,8 bilhões, em 2010, para 9,3 bilhões de habitantes, até 2050 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO, 2011).

2.1 A sociedade e a agropecuária

Cunha e Guerra (2005), por meio de diferentes abordagens ambientais, destacaram a participação da sociedade no equilíbrio da natureza. O mundo inicia o novo século em amplo processo de transformação cultural e reorganização ambiental, buscando o equilíbrio frente às relações entre sociedade e o meio ambiente. No século XIX, as relações ambientais eram vinculadas ao processo de produção capitalista, sendo a natureza vista como fonte ilimitada de recursos à disposição do ser humano, cujo crescimento econômico não impunha limites.

Em 1972, a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo (Suécia), provocou o início de debates mundiais referentes à preservação do meio ambiente. Após o Protocolo de Montreal 87/89, sobre as substâncias que empobrecem a camada de ozônio, a Rio 92 ficou marcada por assumir compromissos específicos sobre Mudança do Clima e Biodiversidade. E assim, após outros eventos (Rio 92 – Agenda 21, Carta da Terra, Protocolo de Kioto), a Conferência Rio+20 estabeleceu novos valores a serem observados, a fim de romper com a dicotomia da sociedade e natureza e

ajustar o mundo rumo a uma nova economia focada na sustentabilidade do planeta e dentro de uma visão social, ambiental e econômica.

Com o êxodo rural, a mecanização foi, aos poucos, assumindo maior representação no setor produtivo agrícola, fazendo com que as propriedades rurais, paulatinamente, perdessem sua autossuficiência e passassem a depender mais de insumos e serviços que não são seus. Os produtores agrícolas passaram a se especializar em determinadas atividades, recebendo mais informações externas, gerando excedentes que abastecem vários mercados, necessitando da utilização intensiva de todo o modal de transportes disponibilizados pelo país e, conseqüentemente, enfrentando a globalização e a internacionalização da economia. Daí surgiu a necessidade de compreender que a agricultura não se trata de propriedades autossuficientes, mas de todo um complexo de bens, serviços e infraestrutura, que envolve vários agentes interdependentes (ARAÚJO, 2005).

Davis e Goldenberg (1957) lançaram um conceito sobre a nova realidade da agricultura, criando o termo *agribusiness*, definido como todo o conjunto que envolve as operações e as transações na fabricação dos insumos agropecuários até sua distribuição natural ou industrializada. A agricultura deixou de ser considerada como setor primário, pois deixou de ser somente rural e passou a depender de muitos serviços, máquinas e insumos que vêm de fora.

2.2 O uso da energia

A energia constitui uma “mola propulsora” da infraestrutura necessária para o desenvolvimento humano, em âmbito local ou, mesmo, global. Todos os bens e serviços produzidos disponíveis para o desenvolvimento e o bem-estar do ser humano são provenientes do meio ambiente e fundamentais para o desenvolvimento socioeconômico (VECCHIA, 2010).

De acordo com Reis et al. (2005), os antropólogos usam a energia para medir o sucesso das culturas humanas, designando faixas de sucesso altas ou baixas, em função da energia consumida.

Para Tolmasquim, Guerreiro e Gorini (2007), o Brasil tem nível de desenvolvimento ainda insuficiente, com baixo consumo específico de energia. Porém, o país apresenta vantagem competitiva no setor energético, pois a disponibilidade de energia nas condições de quantidade e de qualidade adequadas e a custos competitivos tem constituído um dos mais importantes pré-requisitos para o desenvolvimento econômico das nações.

A energia é um importante elemento de rompimento do ciclo de pobreza ao gerar condições de competitividade para as comunidades rurais. Pode-se afirmar que somente o crescimento do uso de energia não é capaz de melhorar as capacidades produtivas, mas a chegada da eletricidade possibilitou maior poder de escolha para os indivíduos (SEN, 2000).

O sustento de mais de 50% da população mundial urbanizada não seria possível sem a energia elétrica e o aumento nas safras e na produtividade agrícola, proporcionados pelo uso do petróleo. Estes abastecem as máquinas agrícolas, fertilizam a terra, eliminam as pragas da lavoura e efetuam o transporte dos produtos às áreas metropolitanas (VECCHIA, 2010).

As sociedades que perduram por mais tempo são aquelas que conseguem aproximar o equilíbrio entre o orçamento da natureza e o orçamento social humano, ou seja, conviver com a natureza sem esgotar seus recursos energéticos ou criar imensas dívidas ambientais para gerações futuras. O uso adequado de energia requer que se levem em consideração fatores econômicos, tecnológicos, sociais e ambientais. Assim, pode-se melhorar a eficiência de toda matriz energética (VECCHIA, 2010).

Fluck e Baird (1982) afirmam que a análise energética deve avaliar objetivamente as quantidades de energia envolvidas em um processo ou sistema,

identificando e medindo esses fluxos. Em muitos sistemas de agricultura intensiva, a energia adicional investida no processo poderá ser muito acima do conteúdo energético convertido em produto (ALMEIDA, 1985).

A preocupação com os impactos ambientais causados pela emissão de gases e seus efeitos no clima do planeta tem reforçado a regulação e a definição de políticas orientadas para a sustentabilidade do desenvolvimento econômico que envolva planejamento energético a longo prazo, com base no diagnóstico do quadro econômico e energético nacional e internacional, de forma a assegurar uma disponibilidade energética adequada, a universalização do acesso à energia, o uso mais eficiente dos recursos, a minimização de seus custos e a sustentabilidade ambiental (TOLMASQUIM; GUERREIRO; GORINI, 2007).

2.3 A produção de leite no Brasil

A cadeia produtiva do leite pode ser considerada uma das mais importantes do complexo agroindustrial brasileiro. De acordo com dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011a), nos últimos 10 anos, o número de vacas em lactação obteve um aumento de 1,4%, com taxa de crescimento anual média de 0,1% ao ano. Além disso, a bovinocultura de leite é a atividade de maior expressividade na composição da renda familiar e regional. Um fator de impacto no sistema produtivo do leite está diretamente relacionado à baixa capacitação técnica do setor e ao baixo potencial genético, com áreas de pastagens degradadas, deficiência alimentar, falta de manutenção nas instalações, limpeza de dejetos, falta de práticas para melhor higiene do leite, problemas relacionados à saúde do animal e baixa capacitação humana (BRASIL, 2011b).

A qualidade dos sistemas de produção poderá melhorar quando o mercado passar a exigir e reconhecer o produto com qualidade superior, e assim também

valorizar mais este produto, com um preço mais justo para o produtor (SBRISSIA, 2005).

2.4 As formas de energia na agropecuária

Existem diversas fontes de energia, porém, pouco utilizadas na agricultura ou na pecuária. Conforme descrito por Araújo (2005), após o surgimento da eletricidade gerada por usinas hidro ou termoelétricas, produtores abandonaram algumas práticas de produção que, no passado, eram consideradas importantes para se alcançar maiores eficiências produtivas (rodas d'água, carneiro hidráulico, animais de tração, etc.). Segundo o autor, tais fontes de energia são exemplificadas em:

- a) energia solar: utilizada para secagem e desidratação de produtos agrícolas; aquecimento de água e pequenos equipamentos elétricos e iluminação;
- b) energia hidráulica: rodas d'água, carneiro hidráulico, etc.;
- c) energia de biogás: obtida por meio de biodigestores alimentados por fezes de animais que, quando em fermentação, liberam gás metano que pode ser queimado ou servir como alimentação de gerador de energia elétrica;
- d) energia térmica de resíduos: resultante da queima direta de materiais tradicionais, tais como lenha, carvão vegetal, bagaço de cana-de-açúcar, etc.;
- e) energia eólica: para iluminação, baterias (refrigerador, televisão, rádio, etc.).

Além destas, outras fontes energéticas que adentram as etapas de processos necessários para a produção do leite bovino podem ser consideradas como energia direta e indireta. Segundo Castanho Filho e Chambariberi (1982), a energia direta pode ser representada da seguinte forma:

- a) energia biológica: energia do trabalho humano, animal e energia contida nas sementes e mudas, e a provinda de biomassa;
- b) energia fóssil do petróleo: energia contida nos combustíveis e nos lubrificantes, adubos, corretivos, defensivos e pneus.

A energia empregada nos processos agropecuários requer discernimento dessas grandezas para a melhor obtenção dos indicadores de energia investida no preparo do produto agrícola. Qualquer produto a ser elaborado exige o consumo de certa quantidade de trabalho humano, de transporte, de capital, de matéria prima e de combustível. O combustível utilizado nas máquinas agrícolas é avaliado como forma de energia direta e de fácil verificação pelo simples levantamento quantitativo de petróleo ou derivados, lenha, carvão ou eletricidade utilizada no processo. A energia indireta deve ser considerada como toda energia despendida na fabricação das máquinas e produtos químicos utilizados como insumo para a lavoura (SERRA et al., 1979).

Para Sousa e Milanez (1996), no balanço energético consideram-se, além da energia empregada como combustível para tratores, a energia despendida na fabricação de máquinas agrícolas, fertilizantes e defensivos, sementes melhoradas e demais insumos empregados no processo de produção. Na contabilização da energia gasta para a obtenção dos principais insumos, também é necessário considerar aquela empregada no transporte desses insumos da fábrica até a propriedade, bem como a que é gasta com tratamentos culturais (PIMENTEL, 1980). Já Loomis e Connor (1992) consideram que deveriam ser

considerados somente os insumos aplicados diretamente na mecanização, nos tratos culturais e na colheita.

Campos e Campos (2004) identificaram que os limites do consumo de energia podem ser determinados de várias maneiras e, dentre estas, os autores descrevem que, além do poder calorífico de bens comerciais energéticos fornecidos diretamente para as atividades produtivas, também poderá ser considerada a energia utilizada no suprimento de bens energéticos e outros *inputs*. Ampliando-se ainda mais a investigação, a energia poderá ser analisada nas fontes não comerciais, no trabalho humano e na alimentação.

Jasper et al. (2010) utilizaram como energia direta todo *input* energético consumido nos sistemas agrícolas, fracionados em energia biológica (mão de obra e sementes) e energia fóssil (óleo diesel, lubrificante e graxa). Como energia indireta, os autores consideraram a energia despendida na fabricação de máquinas e equipamentos agrícolas e produtos químicos. A delimitação do sistema de produção é fator fundamental para a classificação dos *inputs* energéticos, originando um melhor conhecimento dos insumos aplicados nas diversas atividades da pecuária leiteira, seja na forma direta ou indireta.

2.5 Os processos agropecuários

A viabilidade de um processo produtivo agrícola pode ser avaliada por vários prismas. Bueno (2002) enfatizou a inter-relação dos múltiplos fatores envolvidos nesse processo como um indicativo ideal de eficiência e eficácia.

Sob uma visão focada em processos, Araújo (2005) descreveu que a produção agropecuária deve ser dividida em dois segmentos distintos: agricultura (produção agrícola) e pecuária (criação de animais). A produção agrícola pode ser constituída por um conjunto de atividades que são desenvolvidas no campo, necessárias ao preparo do solo, tratos culturais, colheita, transporte e

armazenamento interno. Já o processo de criação de animais requer toda uma infraestrutura capaz de fornecer condições ambientais adequadas. Nesse sentido, Almeida et al. (2010) alertam que a falta de conforto ambiental poderá ocasionar um dos maiores problemas na criação de animais, que é a dissipação do calor corporal para o ambiente.

2.5.1 As construções rurais para os processos agropecuários

Nääs e Souza (2003) afirmam que as construções rurais devem oferecer conforto térmico adequado para que os animais atinjam uma melhor eficiência produtiva. As construções devem ser planejadas, a fim de reduzir agentes estressores que podem causar efeitos indesejáveis nos animais. Assim, as variáveis ambientais devem ser controladas com diferentes materiais de construção e dimensionamento do espaço físico.

Para auxiliar na constituição das condições existentes em cada propriedade rural, Coelho (2000) procurou explicitar os tipos de construções rurais que se aplicam à bovinocultura de leite (Quadro 1).

Quadro 1 Identificação das construções rurais necessárias ao sistema de produção intensiva de leite

nº	Tipo de instalação	nº	Tipo de instalação
1	Acesso principal	12	Fenil
2	Almoxarifado	13	Garagem/oficina
3	Bezerreiro	14	Isolamento
4	Cultura para silagem	15	Maternidade
5	Curral de espera	16	Piquete novilhas
6	Depósito de cama	17	Piquete vacas secas
7	Depósito de dejetos	18	Sala de leite
8	Escritório	19	Sala de máquinas
9	Galpão para confinamento	20	Sala de ordenha
10	Estacionamento	21	Silo
11	Farmácia	22	Tronco

Fonte: Adaptado de Coelho (2000)

Para o processo de extração do leite bovino, a sala de ordenha e o curral de espera se caracterizam como áreas de forte influência na eficiência do sistema. O curral de espera é o local onde os animais são posicionados para o momento da ordenha. Neste espaço, as vacas devem ser mantidas em boas condições de higiene e conforto térmico, antes de serem submetidas à ordenha. O ambiente deve ser limpo, a fim de impedir a manifestação, a proliferação de doenças e a contaminação do leite (DALLAPICOLA; COELHO JÚNIOR; SOUZA, 2010).

2.5.2 Manejo de dejetos nas instalações agropecuárias

Outro fator impactante no processo de produção animal, além do conforto térmico ambiental, está relacionado ao tratamento dos dejetos bovinos.

Os prejuízos ambientais causados pela falta de manejo e tratamento adequado para os dejetos animais são incalculáveis. Em alguns países, como a

Índia, os efluentes oriundos da produção animal são a principal fonte de poluição dos recursos hídricos, chegando a poluir mais que as indústrias. Mas, quando estes dejetos são manejados e tratados adequadamente, deixam de ser poluentes e se transformam em valiosos insumos para a produção agrícola (CAMPOS et al., 2001).

Assmann, Soares e Assmann (2008) apontaram que um dos princípios básicos da sustentabilidade em sistemas que ofereçam integração lavoura-pecuária consiste na reciclagem dos nutrientes mais de uma vez, para a produção vegetal ou animal. Os autores descrevem que o adubo aplicado na cultura (ureia, NPK) aumentará a produção vegetal que, após ser consumida pelos animais, retorna ao meio através de dejetos animais, podendo ser utilizados novamente na produção de grãos e pastagens.

De acordo com Hardoim (1999), em condições normais de confinamento de bovinos para a produção do leite, um terço da energia ingerida nos alimentos retorna à natureza em forma de dejetos.

Bueno (1986) estimou que uma vaca pode produzir, nos espaços de semiconfinamento, de 5.400 kg a 7.200 kg de fezes e de urina por ano e, em confinamento total, até 14.400 kg de fezes e de urina. Quanto à limpeza do piso da sala de ordenha, dos currais e das baias, entre outros, estima-se uma produção de 100 litros de dejetos por dia por cabeça.

Existem vários modelos de manejo de dejetos. A diferença básica está no aproveitamento deles sob a forma líquida ou sólida. Hardoim (1999) descreveu que, em instalações de confinamento total tipo baias livres (*free-stall*), o manejo dos dejetos pode ser feito sob a forma líquida (por meio da lavagem com água), a semissólida (com a raspagem e lavagem do piso) e a sólida (pela raspagem, coleta e transporte dos resíduos).

Campos et al. (2002) descreveram a importância de se estabilizar a matéria orgânica por meio de sistemas de tratamentos biológico aeróbio, cuja

eficiência foi comprovada em pesquisa, apresentando bons resultados em termos de redução no consumo de água e energia elétrica, além da redução do nível de demanda bioquímica de oxigênio e demanda química de oxigênio. Os autores também alertam para a importância da reciclagem na promoção do saneamento ambiental, que devolve ao solo parte dos nutrientes consumidos pelas culturas, além de outros benefícios de ordem sanitária e estética ao ambiente e a eliminação de odores e insetos etc.

2.6 Os insumos agropecuários e suas grandezas energéticas

Serra et al. (1979) citaram os principais componentes que contribuem para o consumo energético durante os processos produtivos. Dentre eles, estão mão de obra, máquinas e equipamentos agrícolas, água, energia, corretivos de solos, fertilizantes, agroquímicos, compostos orgânicos, materiais genéticos, hormônios, inoculantes, rações, sal comum e sais minerais e produtos veterinários.

2.6.1 A mão de obra

Apesar de se tratar de assunto controvertido, Noal, Santos e Ribeiro (2005) consideram que a aplicação da mão de obra não deveria ser computada para fins de avaliação do índice de energia de um determinado produto, visto que o homem, quer esteja trabalhando ou desempregado, consome praticamente a mesma energia em forma de alimentação, moradia, vestuário, etc. Entretanto, durante os trabalhos de investigação, os autores verificaram que a mão de obra aplicada vinha a substituir as máquinas e não trocá-las, como no caso típico dos tratoristas.

No estudo de caso aplicado à pecuária leiteira descrito por Noal, Santos e Ribeiro (2005) a mão de obra está dividida em culturas e manejo do rebanho. A primeira é em relação à mão de obra utilizada para as culturas de pastagem, silagem e feno. A segunda está ligada à ordenha das vacas em lactação.

Bueno (2002) descreveu a adoção dos coeficientes energéticos adotados por Pimentel e Pimentel (1979), baseados em atividades agrícolas específicas e não mecanizadas, sendo: $0,186 \text{ MJ h}^{-1}$ para atividades leves, $0,228 \text{ MJ h}^{-1}$ para atividades médias e $0,270 \text{ MJ h}^{-1}$ em atividades pesadas, chegando a uma média de $0,228 \text{ MJ h}^{-1}$. Para a definição destes indicadores, o autor descreve que a metodologia aplicada considerou coeficientes de $0,019 \text{ MJ h}^{-1}$ destinados ao sono, $0,042 \text{ MJ h}^{-1}$ para atividades não laborativas e $0,146 \text{ MJ dia}^{-1}$ como sendo a parcela de energia consumida, em forma de alimentação, pelo trabalhador.

Pimentel (1980) utilizou, para valores de consumo de energia pelo homem, o índice de $0,203 \text{ MJ h}^{-1}$ de trabalho, por entender que a energia despendida do trabalho humano deve compreender todo o sistema de sustentação humano e da sociedade. Heichel (1973) utilizou o índice de $0,220 \text{ MJ h}^{-1}$.

2.6.2 Máquinas e equipamentos agrícolas

Para Campos (2001), sistemas intensivos de produção de leite caracterizam-se pela utilização de agricultura intensiva, abordando aspectos das máquinas e equipamentos, estendendo-se também às instalações rurais. No que tange à busca de conhecimentos acerca do consumo energético das máquinas e equipamentos, o autor manifesta a necessidade de uma vasta quantidade de informações acerca da energia incorporada na maquinaria em geral.

Doering (1980) definiu uma metodologia para determinar a energia despendida na fabricação de máquinas agrícolas, envolvendo as seguintes etapas:

- a) a energia contida nos produtos (aço, borracha, fibra de vidro, alumínio, etc.);
- b) a energia empregada na manufatura (tratamentos, forjamentos, laminação, corte, fabricação de peças, montagem etc.);
- c) fabricação dos equipamentos de manutenção, aplicados em sua vida útil.

Doering et al. (1977) também desenvolveram uma metodologia específica para o cálculo da energia indireta utilizada em um sistema delimitado, por meio da depreciação energética, segundo os dias de utilização e em função da vida útil dos equipamentos. Ulbanere (1988) descreveu a demanda específica de energia indireta gasta na fabricação de um grupo de máquinas e equipamentos agrícolas (Tabela 1).

Tabela 1 Peso (kg), vida útil (hora) e demanda específica de energia indireta (DEE-IN, MJ h⁻¹) de trator agrícola e equipamentos utilizados na cultura e ensilagem de milho.

Máquinas e equipamentos	Peso (kg)	Vida útil (h)	DEE (MJ h⁻¹)
Arado	457	5.000	5,23
Subsolador	270	10.000	1,54
Grade	750	5.000	8,58
Semeadora	650	5.000	7,44
Cultivador	150	8.000	0,86
Pulverizador	170	4.000	2,43
Colhedora	1.000	10.000	5,72
Carreta	580	8.000	4,15
Trator	2.500	10.000	17,46

Fonte: Adaptado de Ulbanere (1988)

Mesmo diante das enormes dificuldades em se contabilizar o consumo de energia indireta contida nas máquinas e equipamentos agrícolas, diversos autores trabalharam esta questão em diferentes abordagens.

Pimentel et al. (1973), ao analisarem a crise energética juntamente com a produção de alimentos, utilizaram o índice de $8,343 \text{ MJ kg}^{-1}$ para máquinas, considerando-se $103.321,812 \text{ MJ kg}^{-1}$ de energia industrial para a produção de 13 toneladas de máquinas agrícolas, acrescidas de 6% em reparos.

Odum (1984) observou que, para analisar o balanço energético de um sistema, era necessário medir, em unidades físicas, a quantidade de energia gasta para a produção de cada serviço ou em cada etapa da produção. Essas medidas incluíam, além da energia empregada na fabricação de máquinas, a energia exigida para disponibilizar os equipamentos necessários em cada fase do processo.

2.6.3 A água

A água é um insumo básico em toda atividade agropecuária, fundamental na produção de leite de qualidade. O aumento da produção com a introdução de novas tecnologias eleva a necessidade de consumo de água de qualidade. No Brasil, muitos autores não tratam a água devidamente como insumo agropecuário, devido ao fato de ser recurso abundante e gratuito, porém, a visão da escassez deste recurso, dada a progressão da humanidade e maiores áreas de cultivo, começa a preocupar os agricultores quanto às questões ambientais e aos processos judiciais. Alguns estados brasileiros têm legislação própria do uso e outorga de água. Em alguns perímetros de irrigação, a água tem preço e implica diretamente nos resultados econômicos, além, é claro, da visão ambientalista em defesa do meio ambiente (ARAÚJO, 2005).

Nas instalações de confinamento de animais, deve-se levar em conta a resposta fisiológica do animal às condições ambientais. Dentre as variáveis fisiológicas, os itens mais importantes na determinação da condição animal frente ao ambiente são temperatura corporal, ritmo respiratório, ganho de peso, consumo alimentar, alterações hematológicas, pelagem, produção e composição do leite e, notadamente, ingestão de água (COELHO, 2000).

A água está presente em todas as fases fisiológicas do animal, sendo fator essencial para atividades musculares, digestão alimentar, troca de calor e, principalmente, na produção do leite (HARDOIM, 2003). O gado de leite necessita de mais água do que outras espécies para manter seu peso vivo. O leite consiste em 87% de água e o corpo do animal apresenta de 55% a 65% deste elemento (CAMPOS, 1997). Além disso, a água desempenha papel primordial nos programas de manejo de efluentes e limpeza dos animais e das instalações (COELHO, 2000).

Para Hardoim (2003), a melhoria da eficiência em sistemas intensivos de produção de leite está altamente condicionada às condições do ambiente, sendo a água um dos principais insumos capazes de favorecer uma melhor troca de calor entre o animal e o ambiente, por meio de diversos sistemas de resfriamento evaporativo.

2.6.4 Corretivos de solos

O solo é o meio principal para o crescimento das plantas. Uma boa qualidade do solo é fundamental para garantir a capacidade produtiva dos agroecossistemas, além de contribuir para a preservação de outros serviços ambientais, tais como o fluxo e a qualidade da água, a biodiversidade e o equilíbrio dos gases atmosféricos (LOPES; GUILHERME, 2007).

Um solo apresenta, em termos agronômicos, os seguintes índices volumétricos: 45% de parte mineral, 25% de ar, 25% de água e 5% de parte orgânica. Tal combinação é considerada ideal para o crescimento vegetal (VALE; SOUZA; PRADO, 2010). A parte orgânica é constituída de matéria orgânica e húmus; o ar no solo influencia a disponibilidade de nutrientes e o desenvolvimento das plantas e a quantidade de nutrientes absorvido é influenciada pela concentração de outros nutrientes presentes. Assim, um excesso de cálcio em relação ao magnésio prejudica a absorção de magnésio pelas plantas (COELHO; VERLENGIA, 1988).

Conforme descrito por Vale, Souza e Prado (2010), existem muitos elementos químicos na natureza, entretanto, nem todos são considerados nutrientes. Os autores descreveram que, para que um elemento seja considerado nutriente, é preciso que ele participe de algum composto que não possa ser substituído por nenhum outro ou uma reação sem a qual a planta não vive.

Os corretivos de solos ajudam a melhorar e a manter o adequado pH do solo no desenvolvimento de culturas agrícolas, elevando, assim, os índices de produtividade. A utilização de calcário para a correção da acidez do solo é uma prática comum. Embora o calcário tenha baixo conteúdo energético, a quantidade utilizada desse insumo justifica sua contabilização calórica em matrizes energéticas, para posterior análise do agroecossistema estudado (BUENO, 2002).

Campos (2001) expressou a matriz energética de implantação das culturas de alfafa e *coast-cross*, definindo como coeficiente energético para o calcário, a uma distância de 60 km, o valor de $0,229 \text{ MJ kg}^{-1}$ do corretivo, acima do valor de $0,17 \text{ MJ kg}^{-1}$, utilizado por Bueno (2002).

2.6.5 Adubos e fertilizantes

A melhoria da qualidade dos solos no Brasil, pelo uso eficiente de corretivos e fertilizantes agrícolas, foi responsável por cerca de 50% dos aumentos de produção. O consumo de fertilizantes das principais culturas brasileiras (citros, soja, cana, café, mandioca, feijão, arroz, milho, etc.), em termos de nitrogênio (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O), aumentou de 110 kg ha⁻¹ (1998) para 154 kg ha⁻¹ (2004), sendo as culturas de exportação (citros, soja, cana e café) as que mais consomem fertilizantes (LOPES; GUILHERME, 2007).

Os adubos e os fertilizantes são utilizados para suprir as necessidades de macro e micronutrientes do solo. Os macronutrientes são compostos por três componentes primários, N, P e K (LOPES; GUILHERME, 2007). O nitrogênio (N), uma vez absorvido pelo solo ou fixado no ar, incorpora-se à planta na forma de aminoácidos e promove o crescimento das folhas. O fósforo (P) é responsável pela absorção das plantas, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular, dentre outros, enquanto o potássio (K) é essencial na nutrição das plantas e vital para a fotossíntese (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

O mundo científico, segundo Lopes (1998), considera dezesseis elementos químicos essenciais ao crescimento das plantas, divididos em não minerais e minerais, além de outros elementos adicionais para algumas culturas (silício, sódio, cobalto, vanádio e níquel).

Meurer (2007) considerou dezessete elementos essenciais e os classificou em macro e micronutrientes. Os macronutrientes são compostos por fósforo (P), nitrogênio (N), potássio (K), enxofre (S), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e os micronutrientes, compostos por carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), molibdênio (Mo) e níquel (Ni). Segundo o autor, além destes, quatro elementos adicionais,

sódio (Na), cobalto (Co), vanádio (V) e silício (Si), foram reconhecidos como necessários ou benéficos para algumas plantas.

Os solos brasileiros são naturalmente deficientes de quase todos os nutrientes, pois a grande maioria não consegue fornecer as quantidades necessárias de todos os nutrientes exigidos pelas culturas agrícolas (VALE; SOUZA; PRADO, 2010). Em geral, o pH do solo na faixa de 5.5 a 6.5 é favorável ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas e, em valores abaixo de 5.5, podem ocorrer danos ao crescimento (MEURER, 2007). Para o autor, poderá haver elevada concentração de elementos potencialmente tóxicos, como Al e Mn.

Ao se tratar dos macronutrientes, tanto para a adubação básica como em cobertura, vários são os índices energéticos a serem adotados (BUENO, 2002). A maioria dos autores leva em consideração os custos energéticos para a produção dos fertilizantes. Romanelli (2002) concluiu, ao analisar o sistema de produção de silagem de milho, que a maior demanda de energia se refere à aplicação de fertilizantes, devido à grande quantidade de energia embutida nesse insumo, principalmente os nitrogenados.

Diversos autores pesquisaram e determinaram coeficientes energéticos diferentes para os três principais componentes primários NPK (Tabela 2).

Tabela 2 Coeficientes energéticos para os três principais componentes primários de macronutrientes – NPK

Macronutrientes	Coeficiente energético (MJ kg ⁻¹)	Fonte
Nitrogênio - N	63,79	Mercier (1978)
	73,00	Pellizzi (1992)
	77,52	Marchioro (1985)
	80,33	Pimentel et al. (1973)
	63,79	Ulbanere (1988)
Fósforo – P ₂ O ₅	13,97	Mercier (1978)
	13,00	Pellizzi (1992)
	14,02	Marchioro (1985)
	14,06	Pimentel et al. (1973)
	13,97	Ulbanere (1988)
Potássio – K ₂ O	9,79	Mercier (1978)
	9,00	Pellizzi (1992)
	9,69	Marchioro (1985)
	9,04	Pimentel et al. (1973)
	9,79	Ulbanere (1988)

2.6.6 Sementes de milho

A energia imputada nas sementes (grãos) é superior à registrada no produto final, devido aos custos energéticos na obtenção de sementes melhoradas, ou seja, de mais alta tecnologia empregada (BUENO, 2002).

Visando aumento na produtividade, novas tecnologias têm sido empregadas nas sementes de milho, buscando melhorá-las geneticamente. Tal incremento se dá por meio de aplicação, via semente, de fungicidas, herbicidas e reguladores de crescimento. Os reguladores de crescimento têm sido associados aos micronutrientes, no tratamento de sementes em busca melhor produção (SILVA et al., 2008).

Os índices energéticos de materiais genéticos utilizados na produção de arroz e milho em três países foram calculados, pela FAO (1976), em 30,13 MJ kg⁻¹, nos Estados Unidos e 15,06 MJ kg⁻¹, nas Filipinas e no México.

Bueno (2002) identificou uma variação no coeficiente energético das sementes de milho, sendo um próximo a 14,23 MJ kg⁻¹ e outro em torno de 31,38 MJ kg⁻¹. Para o autor, tal discrepância deve-se, em muito, à falta de informação detalhada quanto ao tipo de material de propagação utilizado, se variedades ou híbrido. Pimentel et al. (1973) descreveram o coeficiente de 33,21 MJ kg⁻¹ para o valor calórico de sementes.

2.6.7 Defensivos agrícolas

Os produtos agroquímicos, também conhecidos como agrotóxicos, defensivos agrícolas ou biocidas, são utilizados no combate de pragas e doenças das plantas, mas também podem causar efeitos tóxicos nos animais e seres humanos. Segundo Buck, Osweiler e Gelder (1981), os principais defensivos agrícolas utilizados na agricultura são descritos por:

- a) herbicidas: utilizados no controle e combate de plantas concorrentes ou invasoras. Dividem-se, quimicamente, em compostos orgânicos e inorgânicos, sendo os inorgânicos compostos por vários sais minerais;
- b) inseticidas: utilizados no combate a insetos (moscas, lagartas, pulgões etc.);
- c) formicidas: utilizados no combate a formigas;
- d) fungicidas: utilizados na prevenção e combate de infestações nas plantas e sementes (fungos).

Os valores calóricos contidos nos inseticidas e agrotóxicos foram descritos por Pimentel (1980) e Santos et al. (2001) e estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 Valores calóricos da energia direta de produtos agroquímicos utilizados na cultura do milho

Insumos	Especificação	Qdade	Un	Fonte
Fungicida	epoxiconazole	271,713	MJ L ⁻¹	Santos et al. (2001)
	metconazole	271,713	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	propoconazole	271,713	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	triadimenol	271,713	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
Herbicida	atrazina	418,223	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	atrazina + simazina	418,223	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	bentazon	418,223	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	diclofob-metil	418,223	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	glifosato	418,223	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	imazaquin	418,223	MJ L ⁻¹	Santos et al. (2001)
	metdulfuron-metil	418,223	MJ L ⁻¹	Santos et al. (2001)
	Sethoxydim	418,223	MJ L ⁻¹	Santos et al. (2001)
	sulfentrazone	418,223	MJ L ⁻¹	Santos et al. (2001)
trifluralin	418,223	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)	
Inseticida	clorpirifós	311,020	MJ kg ⁻¹	Pimentel (1980)
	deltametrina	363,805	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	formicida	311,020	MJ kg ⁻¹	Pimentel (1980)
	imidaclopride	311,020	MJ kg ⁻¹	Pimentel (1980)
	lambdailotrina	363,805	MJ L ⁻¹	Pimentel (1980)
	monocrotofós	363,805	MJ L ⁻¹	Santos et al. (2001)

2.6.8 Alimentação volumosa e concentrada

Os ruminantes são, predominantemente, alimentados com forragens na forma de pastos ou conservados em silagens e feno. Os alimentos concentrados, ricos em proteínas (farelo de soja) ou carboidratos (grãos de cereais), são comumente utilizados na suplementação animal, de acordo o nível de produção do animal (BERCHIELLI; GARCIA; OLIVEIRA, 2006).

Pires e Ribeiro (2006) estudaram os aspectos relacionados à nutrição e à reprodução animal, considerando grande complexidade nos fatores associados ao efeito direto do manejo nutricional sobre a fertilidade dos animais, seja pela quantidade e a qualidade dos alimentos ou pelas reservas de nutrientes corporais. As funções reprodutivas também podem ser afetadas pela intensa seleção genética, visando maiores produtividades, em virtude do acréscimo nas demandas de nutrientes para aumento na produção do leite. Para os autores, os fatores nutricionais estão relacionados ao consumo adequado e balanceado de energia, gordura, vitaminas, minerais e proteína.

Nas dietas para bovinos leiteiros incluem os alimentos volumosos (fibrosos), os alimentos concentrados e os suplementos. Os volumosos são alimentos que têm mais que 18% de fibra bruta na matéria seca (forrageiras, capins, silagens, fenos e palhadas). Os concentrados, também caracterizados como proteicos ou energéticos, são alimentos com menos de 18% de fibra bruta na matéria seca. Os suplementos são os minerais e as vitaminas, entre outros, que estão presentes na dieta para atender a requisitos específicos de cada rebanho ou categoria animal (GONÇALVES, 1988).

Devido à importância econômica da pecuária de leite no país, há uma grande preocupação com a produção de alimentação complementar e suplementar a ser fornecida aos animais durante todo o ano e especialmente em períodos de seca. Um dos métodos mais utilizados para esse fim é a ensilagem

de milho. A produção dos alimentos suplementares se deve ao fato de haver estacionalidade de chuvas no Brasil (ROMANELLI, 2002).

O farelo de soja, bastante utilizado pelos pecuaristas na complementação alimentar, tem alto coeficiente energético. De acordo com o balanço energético na produção do farelo de soja, o custo energético para a produção de 1.952 kg ha⁻¹ foi de 32.640,00 MJ, somado aos 11.057 MJ para a produção de 2.380 kg de soja ha⁻¹ (SOARES, 2008). Soares (2007) utilizou o coeficiente energético de 1,087 MJ kg⁻¹ para sal mineral e 0,470MJ kg⁻¹ para ração concentrada.

2.6.9 Produtos de uso veterinário

A sanidade animal é de fundamental importância na produção de leite, justificando a produção de alimento saudável e que evite o uso de medicamentos que possam contaminar ou deixar resíduos no leite ou a presença de possíveis patógenos (VALENTE et al., 2012).

Os produtos veterinários empregados na bovinocultura de leite possuem ampla literatura e não se limitam aos exemplos citados por Andrei (1990), tais como bernicidas, larvicidas, sarnicidas, carrapaticida, piolhícidias, repelentes, cicatrizantes, vacinas contra brucelose, febre aftosa, doenças respiratórias e infecciosas, tratamento de mastites, suplemento mineral concentrado dos macroelementos (N, S, Ca e Mg), suplemento micromineral, analgésicos, anestésicos, tranquilizantes, probióticos, antibióticos, anti-inflamatórios, vermífugos gastrintestinais, dentre outros medicamentos utilizados para corrigir as deficiências minerais, vitamínicas e diversas moléstias e tratamentos terapêuticos dos animais.

A fim de facilitar o entendimento dos diversos medicamentos utilizados para manter a boa sanidade dos animais, Araújo (2005) agrupou as famílias de medicamentos em seis grupos e os conceituou da seguinte forma:

- a) probióticos: utilizados com a finalidade de tornar os animais mais resistentes, diminuindo, assim, o uso de antibióticos;
- b) antibióticos: visam combater doenças específicas já contidas no animal;
- c) vacinas: quando aplicadas nos animais, estimulam a criação de resistência do organismo, ficando o animal imune a diversos tipos de doenças (aftosa em bovinos, peste africana em suínos, parvovirose em cães);
- d) ecto e endoparasiticidas: produtos destinados ao combate e ao controle de ecto e endoparasitas nos animais. Os ectoparasitas mais comuns são os carrapatos, bernes, sarnas, piolhos, pulgas e mosca do chifre. Os endoparasitas (parasitas internos) são os vermes em geral;
- e) estimulante de apetite: tem como objetivo induzir o animal a alimentar-se mais e melhor, de forma a obter uma melhor produtividade;
- f) medicamentos veterinários: estes virão suprir deficiências nutritivas ou combater doenças.

As informações sobre coeficientes energéticos para a vasta gama de medicamentos de uso veterinário são escassas na literatura. Na pesquisa do balanço energético de um sistema integrado lavoura-pecuária, Soares (2007) descreveu que, devido a dificuldades encontradas para a determinação do custo energético dos medicamentos utilizados na produção de animais, apenas o custo financeiro é conhecido. Diante deste impasse, o autor estimou o valor energético em unidade monetária, em decorrência da razão entre o consumo energético total do país, indicado no Balanço Energético Nacional de 2006, pelo Produto Interno Bruto acumulado no mesmo período da apuração, chegando a um valor de R\$1,00 para aproximadamente 1,045 MJ de energia consumida na fabricação

dos produtos veterinários. O autor argumentou que, em função do alto detalhamento do sistema, a utilização desta metodologia tem contribuição relativamente pequena nos cálculos do balanço energético. Dessa forma, definiu os índices energéticos para alguns medicamentos utilizados na produção e na criação de animais, conforme consta na Tabela 4.

Tabela 4 Indicadores energéticos de alguns medicamentos associados á produção e à criação de animais

Sanidade animal	Unidade	Qdade	Valor total (R\$)	Energia (MJ)
Azium	frasco	1	10,50	10,973
Banamine	frasco	1	24,00	25,080
Botulismo	dose	2	1,68	1,756
Ciper	litros	1	14,50	15,153
Clostridiose	dose	1	0,66	0,690
Ectoparasitas	ml	18	1,32	1,379
Febre aftosa	dose	2	1,90	1,986
Flunixin	frasco	1	18,00	18,810
IBR/BDV	dose	2	6,94	1,045
Leptospirose	dose	2	1,42	1,484
Mata bicheira	frasco	1	4,30	4,494
Predef	frasco	1	7,50	7,838
Raiva bovina	dose	2	1,00	1,045
Soro antiofídico	frasco	1	78,00	81,510
Terracotril	frasco	1	21,00	21,945
Tribissen	frasco	1	7,50	7,838
Tyladen	frasco	1	13,00	15,153
Unguento	frasco	1	10,50	10,973
Vermifugação	dose	2	0,79	0,826

Fonte: Adaptado de Soares (2007)

2.7 Os custos na agropecuária

A apuração dos custos na agropecuária tem ampla literatura, na qual são descritas várias formas de obtenção destes custos. De forma a auxiliar no conhecimento, um sistema de custeio deve envolver um conjunto de procedimentos administrativos que registra, de forma sistemática e contínua, a efetiva remuneração dos fatores de produção empregados nos serviços rurais, cujos objetivos são auxiliar a administração na organização e o controle da unidade de produção, revelar ao administrador as atividades de menor custo e mais lucrativas, além de mostrar os pontos críticos da atividade (SANTOS; MARION; SEGATTI, 2009).

Como descrito por Bornia (1995), um sistema de custeio deve ser composto por um princípio geral que norteia o tratamento das informações e tenha métodos que viabilizem a operacionalização daquele princípio. Portanto, tornam-se imprescindíveis o conhecimento e o gerenciamento de todo o processo de produção, bem como de processos auxiliares, de forma a controlar os custos de produção que, para Segala e Silva (2007), são definidos como custos diretos e custos indiretos.

A análise da variabilidade dos custos também pode ser realizada sob a ótica do custo fixo e variável que, para Leone (2000), resulta no aparecimento de alguns comportamentos que podem ser definidos em termos matemáticos a serem utilizados em modelos de planejamento, controle e tomada de decisões.

Leone (2000) considera que o material com comportamento definido em relação às unidades produzidas tem correlação entre o montante produzido e o volume monetário desse material e, por isso, o autor define que todo material direto aplicado na produção é um custo variável, em relação ao parâmetro de unidades produzidas, e a depreciação é um custo fixo quando se compara seu comportamento em relação às mudanças nas quantidades produzidas.

Para Borna (1995), o alcance das diferentes necessidades de informações demandadas pode seguir caminhos distintos e, assim, três princípios de custeio podem ser considerados para a estruturação de um sistema: custeio por absorção integral ou total, custeio variável ou direto e custeio por absorção ideal. O custeio por absorção integral, segundo o autor, procura alocar a totalidade dos custos de produção, considerando como custo de produção, para a avaliação de estoque, os custos fixos e variáveis. Na literatura contábil, o custeio por absorção integral também é conhecido como custeio por absorção, custeio integral e custeio total.

O custeio por absorção, segundo Martins (1998), é caracterizado como um método tradicional para atender a fins fiscais e não tem confiabilidade para a alocação dos custos indiretos, pois, geralmente, utiliza técnicas arbitrárias de rateio. Este método também não apropria as despesas administrativas aos produtos, pois não as considera como custos.

No custeio variável ou direto, somente os custos variáveis são alocados ao produto, a mão de obra é considerada variável e os demais custos são apurados por período (SEGALA; SILVA, 2007). Segundo o autor, este tipo de custeio faz uma divisão dos gastos fixos e variáveis, sendo os custos fixos lançados somente no demonstrativo de resultados, os seja, os custos e as despesas variáveis é que compõem o custo dos produtos. Já o custeio por absorção ideal integra os custos fixos aos custos do produto, criando vantagens para a tomada de decisão quando se conhecem os custos diretos perdidos na produção e busca-se um melhor aproveitamento dos recursos.

2.7.1 Os custos da mão de obra rural

Além de todos os insumos praticados em sistemas de produção do leite, muitos empreendedores rurais não levam em consideração os custos referentes

aos encargos trabalhistas, ou deixam de considerar custos futuros provenientes de indenizações trabalhistas e rescisão contratual. Tais custos, quando devidamente calculados e distribuídos ao longo dos meses, permitem que o administrador julgue melhor os resultados financeiros do empreendimento.

Vigorou no Brasil, desde 1963, o “Estatuto do Trabalhador Rural”, que buscava assegurar aos trabalhadores os mesmos direitos atribuídos ao trabalhador urbano. Porém, devido à falta de fiscalização, este estatuto foi revogado pela Lei n. 5.889, de 8 de julho de 1973, aplicada a todo trabalhador rural e não apenas aos empregados rurais (NASCIMENTO, 2009). Segundo o autor, a Constituição de 1988 unificou os direitos do trabalhador urbano e rural, sendo, então, considerado como trabalhador rural todo empregado que presta serviços em propriedade rural e mediante subordinação.

As obrigações trabalhistas podem apresentar vantagens para o trabalhador e empregador e estas devem ser levadas em consideração durante a análise de riscos e investimentos para aumento de produção (NASCIMENTO, 2009).

O setor agrícola tem cumprido um papel estratégico na economia brasileira, devido à sua capacidade de contribuir para uma oferta interna adequada de alimentos e matérias-primas agrícolas e para o aumento das exportações, o que tem elevado o crescimento de capital e mão de obra qualificada, além do crescente aumento de escala de produção em várias atividades (RESENDE; KRETER, 2008).

Com o aumento da tecnologia em mecanização agrícola, o incremento da produção está muito relacionado às habilidades do trabalhador em operar máquinas e equipamentos agrícolas. Qualificar pessoas é uma função temporal que envolve manter um quadro de funcionários fixo por um período considerado suficiente para se atingir os objetivos planejados. Assim, os salários do trabalhador rural, bem como outros benefícios e encargos sociais, referentes à mão

de obra, devem ser computados no cálculo do custo operacional do trabalhador rural, considerando-se, no mínimo, a média que prevalece na região (PACHECO, 2000).

Os encargos sociais e fiscais, de acordo com Resende e Kreter (2008), somam, mensalmente, 42,04% sobre o salário base fixado na carteira de trabalho e têm a forma de dedução apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 Encargos sociais sobre o salário base

ENCARGOS SOCIAIS	% SALÁRIO BASE
FGTS	8,00%
INSS	7,72%
Férias	11,11%
INSS/Férias	0,86%
FGTS/Férias	0,89%
13° salário	8,33%
INSS/13° salário	0,64%
FGTS/13° salário	0,67%
Rescisão	3,82%
TOTAL DE ENCARGOS SOCIAIS	42,04 %

Fonte: Resende e Kreter (2008)

2.7.2 Os custos da mecanização agrícola

O cálculo do custo operacional de máquinas e equipamentos agrícolas torna-se fundamental para seu uso racional. Consentino (2004) descreveu que, para a determinação deste custo, deve-se, primeiramente, calcular o custo horário total de cada equipamento.

Os custos da utilização de máquinas agrícolas seguem a linha de dois componentes principais: custos fixos (CF) e custos variáveis (CV). Os custos fixos são aqueles que devem ser debitados, independentemente de a máquina ser usada ou não. São os custos que não variam com a intensidade do uso da máquina e têm

duração de longo prazo. Como componentes destes custos, Balastreire (1987) cita a depreciação (D), o juro sobre o capital investido (J), o custo de seguro (S) e o custo de alojamento (A) do equipamento, sendo o custo total da máquina calculado pela equação 1:

$$CF = D + J + S + A \quad \text{Eq. 1}$$

A depreciação se refere à desvalorização da máquina em função do tempo, seja ela utilizada ou não. Se uma máquina for pouco utilizada durante o ano, sua depreciação ocorrerá, principalmente, devido à obsolescência e, se for intensamente utilizada, a depreciação se dará devido ao desgaste (BALASTREIRE, 1987). Segundo o autor, a depreciação de uma máquina não é conhecida com precisão enquanto ela não for vendida, pois apenas nesta ocasião se terá certeza do seu valor real de descarte. Assim, a depreciação é estimada por meio de diversos métodos: método da linha reta, do saldo decrescente, da soma dos dígitos e depreciação dedutível.

Para Consentino (2004), o método da linha reta resulta numa depreciação anual constante da máquina, durante a vida útil e Balastreire (1987) descreveu que o método de linha reta é mais simples de ser aplicado. Estima-se que a vida útil para máquinas e equipamentos agrícolas possa ser referenciada na forma apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 Vida útil das máquinas e equipamentos agrícolas

Máquinas e equipamentos	Vida útil (h)	Vida útil (anos)	Uso (h ano ⁻¹)
Tratores	10.000	10	1000
Arados	2.000	5	400
Grades	2.000	5	400
Escarificadores	2.000	5	400
Subsoladores	2.000	5	400
Enxadas rotativas	2.000	5	400
Semeadoras de sementes miúdas	1.200	5	240
Semeadoras de sementes graúdas (de precisão)			
Plantio direto	1.200	5	240
Plantio convencional	1.200	5	240
Cultivadores	2.000	5	400
Pulverizadores	1.200	5	240
Colhedora de arrasto	8.000	10	800
Colhedora combinada Automotriz	8.000	10	800
Colhedora de forragem	2.500	10	250
Ceifadoras	2.000	10	200

Fonte: Balastreire (1987)

No método da linha reta proposto por Balastreire (1987), o valor de sucata é arbitrado em 10% do preço inicial da máquina e o valor da máquina é depreciado do valor constante, dado pela equação 2:

$$D = \frac{V_i - S}{T} \quad \text{Eq. 2}$$

em que

D = depreciação (R\$ h⁻¹)

V_i = valor inicial de aquisição da máquina (R\$)

S = valor de sucata - 0,1 x V_i (R\$)

T = tempo total para depreciação (h)

Os juros do capital investido na aquisição de máquinas e equipamentos agrícolas (J) dependem da maneira pela qual é feita a amortização.

A taxa de juros é o valor de remuneração do capital empregado na compra da máquina e, quanto a isso, segue dois raciocínios: se o capital inicial de aquisição é próprio, os juros devem seguir, no mínimo, a taxa da poupança; caso o capital tenha sido financiado, segue-se a taxa do financiamento, como, por exemplo (FINAME), taxa de 4,5% a.a. (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES, 2009), sendo

$$J = \frac{Vm \cdot I}{t} \quad \text{Eq. 3}$$

$$Vm = \frac{Vi + S}{2} \quad \text{Eq. 4}$$

em que

Vi = valor inicial de aquisição da máquina (R\$)

Vm = valor médio (R\$)

t = horas de trabalho anual (h)

I = taxa de juros (decimal)

S = valor de sucata - 0,1 x Vi (R\$)

Para análise do custo do seguro (S), para máquinas e equipamentos agrícolas, Balastreire (1990), Mialhe (1974) e Saad (1986) definiram variação de 0,75% e 2,0% do valor inicial (R\$) da máquina agrícola, ao longo de um ano. Já os custos fixos referentes às despesas com alojamento de máquinas e equipamentos agrícolas, segundo Barger et al. (1963), Hunt (1970) e Moreira e Menezes (1973), foram considerados como uma percentagem do valor inicial (Vi) da máquina abrigada, variando de 0,5% a 2,0% ao ano.

As máquinas e os equipamentos agrícolas, nas propriedades rurais, geralmente, ficam abrigados em galpões, devendo-se, por isso, considerar como custos fixos uma cota de alojamento. Essa cota corresponderia aos juros do

capital utilizado na construção do galpão e sua conservação por ano (BALASTREIRE, 1990).

Os custos variáveis (CV) oriundos da utilização de máquinas agrícolas são de fundamental importância na administração econômica. Balastreire (1987) definiu que o custo variável das máquinas é constituído por: combustíveis (C), lubrificantes (L), reparos e manutenção (RM) e salário do tratorista (ST).

Os combustíveis são usados, principalmente, para o acionamento dos motores de tratores e colhedoras autopropelidas. É difícil avaliar com precisão o consumo de combustível dos tratores, devido às condições variáveis de carga a que são submetidos durante os trabalhos de campo. Entretanto, Mantovani (1987) descreveu que, quando não se tem informação segura do fabricante do trator, o consumo de combustível (óleo diesel) pode ser estimado pela seguinte equação:

$$C = \frac{0,25 \sim 0,30}{Potbt} \quad \text{Eq. 5}$$

em que

C = consumo de óleo diesel (L h⁻¹)

Potbt = potência exigida na barra de tração (cv)

A potência na barra de tração pode ser calculada pela equação utilizada por Masiero, Lanças e Almeida (2011), ou seja,

$$Potbt = Pm \times \eta b \quad \text{Eq. 6}$$

e que

Potbt = potência útil na barra de tração (cv ou kW)

Pm = potência útil do motor (cv ou kW)

ηb = rendimento na barra de tração

Os valores médios do rendimento máximo na barra de tração de tratores com tração dianteira auxiliar foram de 44%, em solo mobilizado; 49,7%, em solo com cobertura vegetal e 56,5%, para solo firme (MASIERO; LANÇAS; ALMEIDA, 2011).

Os lubrificantes podem ser divididos em cinco partes: óleo do cárter, óleo de transmissão, óleo do purificador de ar, óleo da caixa de direção, óleo para o sistema hidráulico e graxa. A quantidade de lubrificantes gastos por hora depende do tipo e da potência do trator e pode ser obtida no manual do proprietário e na planilha de manutenção proposta pelo fabricante, determinando a capacidade dos reservatórios de lubrificantes e a periodicidade, em horas, em que devem ser substituídos. A quantidade de óleo lubrificante também pode ser calculada utilizando-se o índice de 8% a 20% do custo do combustível e, para o consumo de graxa, é sugerido utilizar 0,5 kg de graxa a cada 10 horas de utilização das máquinas e 0,3 kg para cada 10 horas de utilização dos equipamentos ou implementos agrícolas (MANTOVANI, 1987).

Como custos variáveis de manutenção, encontram-se aqueles realizados para a manutenção preventiva e corretiva. Na manutenção preventiva, devem-se computar os gastos com componentes trocados a intervalos regulares, tais como filtros de ar, filtros de óleos lubrificantes, filtros de combustível, correias de polias, etc. (BALASTREIRE, 1987).

A manutenção corretiva é bem mais difícil de ser estimada, uma vez que compreendem fatores de difícil controle, como a habilidade do operador, as condições do terreno, etc. Em face destas dificuldades, é necessário sempre buscar estudos detalhados sobre a manutenção de máquinas agrícolas, de forma a desenvolver tabelas que permitam o cálculo desses custos, até mesmo antes da aquisição das máquinas necessárias (BALASTREIRE, 1987).

Como referência, o custo com manutenção pode variar de 50% a 100% do custo inicial, ao longo do tempo total de depreciação. Para tratores e colhedoras pode-se utilizar a seguinte equação, definida por Balastreire (1987):

$$M = \frac{0,5 \sim 1,0}{Vi} \quad \text{Eq. 7}$$

em que

V_i = valor inicial de aquisição da máquina (R\$)

T = tempo total para depreciação (h)

2.8 Análise do fluxo de valor

Uma das tarefas gerenciais críticas em um processo industrial é a tarefa de transformação física que vai desde matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente. Dentro desse processo de transformação, pela análise do fluxo de valor é possível identificar etapas do processo que criam valor ao produto, etapas que não criam valor, mas são inevitáveis à produção e etapas que não criam valor e podem ser eliminadas. A análise do fluxo de valor permite a adoção do *pensamento enxuto*, que é a forma de especificar valor, alinhar melhor a sequência de ações que criam valor, realizar estas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Em suma, o *pensamento enxuto* é enxuto porque é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos, com menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço, e, ao mesmo tempo, aproximar-se cada vez mais de oferecer aos clientes exatamente o que eles desejam (FERRO, 2004).

Qualquer operação que produza bens e/ou serviços faz isso por meio de um processo de transformação (*inputs*), utilizando recursos (valores) para

mudar seu estado ou condição. Em resumo, a produção envolve um conjunto de insumos, recursos ou valores para produzir saídas (*outputs*) de bens e/ou serviços (SLACK et al., 1996).

A nova economia, expressão crescente usada por gestores e acadêmicos para descrever a nova realidade em termos de globalização acelerada com alta tecnologia, descreve que os principais produtos e ativos deixaram de ser físicos e passaram a ser intelectuais (intensivos em informação e conhecimento), conforme descrito por Corrêa e Corrêa (2008). Segundo os autores, a grande alteração não está apenas na forma como produtor gerencia suas operações internamente, desenvolvendo habilidades para identificar quais atividades manter dentro da organização e quais terceirizar, mas também na forma de gerenciar os relacionamentos entre os nós da rede, que impacta o nível e a riqueza na troca do fluxo de informações, fluxos materiais e fluxos financeiros.

A melhoria no desempenho de um sistema de produção necessita de grandes esforços e ferramentas específicas para transpor adversidades e obstáculos. O processo de implantação de um sistema de *produção enxuta* com base na análise do fluxo de valor em seus processos requer um conjunto de métodos de análise, indicadores de desempenho, técnicas de projeto, ferramentas de melhoria produtiva, novos arranjos físicos e uso tecnologias (ROTONDARO, 2010).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conjunção da análise energética com a análise econômica é de fundamental importância para a compreensão das formas de entradas e saídas energéticas relacionadas às entradas e às saídas econômicas, permitindo identificar não somente quais entradas energéticas têm maior participação no processo produtivo, mas também valorá-las quanto à sua participação no rendimento econômico (ALMEIDA et al., 2010).

Mediante o alto grau de interferências de origem externa, necessárias à sustentabilidade do sistema intensivo de produção de leite, são impostas questões referentes às formas como a mecanização das atividades agrícolas e pecuárias estão sendo submetidas, tornando-se necessário avaliar a influência desses equipamentos e do ambiente circundante de todo sistema produtivo.

A alimentação em grande volume requer o emprego de máquinas diariamente e, conseqüentemente, serviços de tratoristas, pois os processos ocorrem de forma ininterrupta, sem paradas em finais de semana ou feriados, independentemente das condições climáticas.

A sala de ordenha necessita de atividades de manejo do rebanho durante as seções diárias de ordenha, incluindo higienização e limpeza. Neste processo está contido o maior consumo de mão de obra e de energia elétrica do sistema.

A produção do milho para silagem é fator crucial. Sem a silagem do milho e outras forrageiras, o custo de aquisição externa da alimentação seria impraticável, frente ao preço do leite pago pelo mercado. Os pastos não seriam suficientes para a produção em larga escala, além da falta de mão de obra rural, que está chegando ao limite do sustentável.

Deve-se atentar para o fato de que o sistema intensivo de produção de leite bovino apresenta-se vulnerável, pois criou vínculos com alta quantidade de insumos de origem externa, subprodutos e outros derivados. Embora a região

centro-oeste de Minas Gerais apresente um clima favorável às práticas agrícolas, com alto índice de chuvas entre os meses de safra do milho, caso haja um período de seca prolongado, todo o sistema entrará em colapso. A perda não será somente na lavoura, mas em todo o rebanho e nos investimentos em máquinas, equipamentos, sistemas de ordenha, construções e instalações rurais ao longo dos anos.

Os semoventes, embora representem bom resultado financeiro, se forem comercializados, poderão ajudar na recuperação dos investimentos, mas, caso sejam mantidos, necessitarão de cuidados contínuos e alimentação. A genética do animal interfere diretamente nos resultados econômicos. O animal com maior capacidade de produção diária terá maior valor e receberá melhores cuidados. A perda na produção ocasionada pela falta de alimentação balanceada, água com fartura, ambiente térmico, saúde do animal etc., colocará em risco a sustentabilidade do sistema, caso haja estrangulamento no fornecimento de insumos externos ou elevação de preços, como é o caso do farelo de soja e demais produtos essenciais para à prática do sistema intensivo de produção de leite.

Nos artigos a seguir apresentam-se resultados que contribuem para uma análise da sustentabilidade em sistema intensivo de produção de leite dentro dos cenários energéticos, econômicos e sociais.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.M. **Avaliação da energia investida na cultura de milho e das perdas pós-produção**. Botucatu: UNESP, 1985. 16 p.

ALMEIDA, G.L.P. de et al. Investimento em climatização na pré-ordenha de vacas girolando e seus efeitos na produção de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 12, p. 1337-1344, 2010.

ANDREI, E. **Compêndio veterinário**: indicador terapêutico dos produtos para medicina veterinária. 24. ed. Rio de Janeiro: Andrei, 1990. 648 p.

ARAÚJO, M.J. **Fundamentos de agronegócios**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005. 160 p.

ASSMANN, L.; SOARES, A.B.; ASSMANN, T.S. **Integração lavoura-pecuária para a agricultura familiar**. Londrina: IAPAR, 2008. 49 p.

BALASTREIRE, L.A. **Máquinas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.

_____. 2. ed. São Paulo: Manole, 1990. 310 p.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Desembolso anual do sistema BNDES**. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/empresa/RelAnual/ra2009/relatorio_anual2009.pdf>. Acesso em: 2 maio 2012.

BARGER, E.L. et al. **Tratores e seus motores**. São Paulo: E. Blucher, 1963. 398 p.

BERCHIELLI, T.T.; GARCIA, A. de V.; OLIVEIRA, S.G. de. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 397-421.

BORNIA, C.A. **Mensuração das perdas dos processos produtivos**: uma abordagem metodológica de controle interno. 1995. 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Brasil: projeção do agronegócio 2010/2011 a 2020/2021**. Brasília, 2011a. 59 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, 2011b. 267 p.

BUCK, W.; OSWEILER, G.D.; GELDER, G.A.V. **Toxicología veterinaria clínica y diagnóstica**. Zaragoza: Acribia, 1981. 488 p.

BUENO, C.F.H. Produção e manejo de esterco. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 135/136, p. 81-85, 1986.

BUENO, O.C. **Análise energética e eficiência cultural do milho em assentamento rural, Itabera/SP**. 2002. 141 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CAMPOS, A.T. **Análise de viabilidade da reciclagem de dejetos de bovinos com tratamento biológico, em sistema intensivo de produção de leite**. 1997. 141 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

_____. **Balanco energético relativo à produção de feno de “coast-cross” e alfafa em sistema intensivo de produção de leite**. 2001. 236 f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CAMPOS, A.T.; CAMPOS, A.T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agrossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1977-1985, nov./dez. 2004.

CAMPOS, A.T. et al. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426-438, mar./abr. 2002.

_____. **Tratamento e manejo de dejetos bovino: instrução técnica para o produtor de leite**. Brasília: EMBAPA Gado de Leite, 2001. 2 p. (Sustentabilidade da Atividade Leiteira, 52).

CASTANHO FILHO, E.P.; CHABARIBERI, D. **Perfil energético da agricultura paulista**. São Paulo: Secretaria da Agricultura; Instituto de Economia Agrícola, 1982. 55 p.

COELHO, E. **Metodologia para análise e projeto de sistema intensivo de produção de leite em confinamento tipo baias livres**. 2000. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.

COELHO, F.S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola Agrônômico, 1988. 384 p.

CONSENTINO, R.M.A. **Modelo empírico de depreciação para tratores agrícolas de rodas**. 2004. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Piracicaba, 2004.

CORRÊA, H.L.; CORRÊA, C A. **Administração da produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 690 p.

CUNHA, S.B. da; GUERRA, A.J.T. **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 248 p.

DALLAPICOLA, K.T.; COELHO JÚNIOR, T. de P.; SOUZA, M.A.V. de. **A gestão do conhecimento na produção automatizada de leite ordenha**. São Paulo: ENEGEP, 2010. 9 p.

DAVIS, J.H.; GOLDBERG, R.A. **A concept of agribusiness**. Boston: Harvard University, 1957. 135 p.

DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 91-132.

DOERING, O.C. Accounting for energy in farm machinery and buildings. In: PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. p. 9-14.

DOERING, O. C. et al. **Accounting for tillage equipment and other machinery in agricultural energy analysis**. Indiana: Purdue University, 1977. 6 p.

FERRO, J.R. **A mentalidade enxuta nas empresas: lean thinking**. 11. ed. São Paulo: Elsevier, 2004. 408 p.

FLUCK, R.C.; BAIRD, C.D. **Agricultural energetics**. Gainesville: University of Florida, 1982. 197 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **O estado mundial de la agricultura y la alimentacion**. Rome, 1976. 158 p.

_____. **The state of food and agriculture**. Rome, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

GONÇALVES, L.C. **Digestibilidade, composição corporal, exigências nutricionais e características das carcaças de zebuínos, taurinos e bubalinos**. 1988. 238 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1988.

HARDOIM, P.C. **Ambiência para produção animal: instalações zootécnicas**. Lavras: UFLA, 2003. 37 p.

_____. **Efeito da temperatura de operação e da agitação mecânica na eficiência da biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos**. 1999. 88 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 1999.

HEICHEL, G.H. **Comparative efficiency of energy use in crop production**. New Haven: Connecticut Agricultural Experiment Station, 1973. 739 p. (Buletin, 739).

HUNT, D. **Farm power and machinery management**. Ames: CRC, 1970. 292 p.

JASPER, S.P. et al. Análise energética da cultura do crambeb (Crambe abyssinica Hochst) produzida em plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, maio/jun. 2010.

LEONE, G.S.G. **Custos: planejamento, implantação e controle**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000. 518 p.

LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. Energy and labour. In: _____. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems**. Cambridge: Cambridge University, 1992. p. 400-427.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1-64.

MANTOVANI, E.C. Máquinas e implementos agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 147, p. 56-63, 1987.

MARCHIORO, N.P.X. Balanço ecoenergético: uma metodologia de análise de sistemas agrícolas. In: TREINAMENTO EM ANÁLISE ECOENERGÉTICA DE SISTEMAS AGRÍCOLAS, 1., 1985, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IAPAR, 1985. p. 24-40.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1998. 387 p.

MASIERO, F.C.; LANÇAS, K.P.; ALMEIDA, L. de. Determinação do rendimento na barra de tração de tratores agrícolas com tração dianteira auxiliar (4x2) TDA. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 4, p. 55-73, 2011.

MERCIER, J.R. **Energie et agriculture, le choix ecologique**. Paris: Debard, 1978. 187 p.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 65-90.

MIALHE, L.G. **Manual de mecanização agrícola**. São Paulo: Ceres, 1974. 301 p.

MOREIRA, C.A.; MENEZES, J.F. O custo operacional da maquinaria agrícola. **Atual Agronomia**, Seropédica, v. 1, p. 38-48, fev./mar. 1973.

NÄÄS, I.A.; SOUZA, S.R.L. Desafios para a produção de leite nos trópicos: conforto térmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 10., 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba: FAZU, 2003. p. 64-74.

NASCIMENTO, A.M. **Curso de direito do trabalho: história e teoria geral do direito do trabalho: relações individuais e coletivas do trabalho**. 24. ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2009. 1415 p.

NOAL, E.B.; SANTOS, P.E.; RIBEIRO, O.D.J. Apuração de custos na pecuária leiteira: um estudo de caso. **Disciplinarum Scientia. Série Ciências Sociais Aplicadas**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 167-180, 2005.

ODUM, H.T. Energy analysis of the environmental role in agriculture. In: STANHILL, G. (Ed.). **Energy and agriculture**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. p. 5-6. (Advances Series in Agricultural Sciences, 14).

PACHECO, E.P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2000. 21 p. (Documentos, 58).

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, v. 52, n. 1, p. 111-119, 1992.

PIMENTEL, D. (Ed.). **Handbook of energy utilization in agriculture**. Boca Raton: CRC, 1980. 475 p.

PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crises. **Science**, New York, v. 182, p. 443-449, 1973.

PIMENTEL, D.; PIMENTEL, M. **Food energy and society**. London: E. Arnold, 1979. 163 p.

PIRES, A.V.; RIBEIRO, C.V.D. M. Aspectos da nutrição relacionados à reprodução. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 513-538.

REIS, L. B. et al. **Energia elétrica para um desenvolvimento sustentável**. São Paulo: EDUSP, 2005. 284 p.

RESENDE, G.C.; KRETER, A.C. A legislação trabalhista sobre os custos de transação na agricultura. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: EMBRAPA, 2008. 1 CD-ROM.

ROMANELLI, T.L. **Modelagem do balanço energético na alimentação suplementar para bovinos**. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

ROTONDARO, R. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2010. 375 p.

SAAD, O. **Seleção do equipamento agrícola**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1986. 126 p.

SANTOS, G.J.; MARION, J.C.; SEGATTI, S. **Administração de custos na agropecuária**. São Paulo: Atlas, 2009. 154 p.

SANTOS, H.P. et al. Conversão energética e balanço energético de sistemas de sucessão e de rotação de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 1, n. 2, p. 191-198, mar./abr. 2001.

SBRISSIA, G.F. **Sistema agroindustrial do leite: custos de transferências e preços locais**. 2005. 58 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura "Luiz Queiroz", Piracicaba, 2005.

SEGALA, C.Z.S.; SILVA, I.T. da. Apuração dos custos na produção de leite em uma propriedade rural do município de Irani, SC. **Custos e @gronegócio Online**, Recife, v. 3, n. 1, p. jan./jun. 2007. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numero1v3/Custos%20do%20leite.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

SEN, A.K. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000. 409 p.

SERRA, G.E. et al. **Avaliação da energia investida na fase agrícola de algumas culturas**. São Paulo: IFUSP, 1979. 86 p.

SILVA, T.T. de A. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho na presença de bioestimulantes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 840-846, maio/jun. 2008.

SLACK, N. et al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1996. 726 p.

SOARES, L.H. de B. et al. **Balanço energético de um sistema integrado lavoura-pecuária no cerrado**. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2007. 16 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 26).

_____. **Eficiência energética comparada das culturas do girassol e soja, com aptidão para a produção de biodiesel no Brasil**. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2008. 6 p. (Circular Técnica, 25).

SOUZA, E.G.; MILANEZ, L.F. Conservação de energia no uso de tratores na agricultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. p. 712-726.

TOLMASQUIM, M.T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos CEBRAP**, Brasília, v. 79, p. 47-69, 2007.

ULBANERE, R.C. **Análise dos balanços energéticos e econômico relativa à produção de grãos de milho no Estado de São Paulo**. 1988. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

VALE, D.W.; SOUZA, J.I.; PRADO, R. de M. **Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Jaboticabal: FCAV, 2010. 425 p.

VALENTE, L.C. M. et al. Relação entre gastos preventivos e com tratamento: levantamento da situação em fazendas produtoras de leite de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 1, p. 212-220, jan. 2012.

VECCHIA, R. **O meio ambiente e as energias renováveis**. Barueri: Manole, 2010. 334 p.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS

ARTIGO 1

**SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE: BALANÇO
ENERGÉTICO EM SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO COM
VISÃO FOCADA NOS PROCESSOS**

Artigo redigido (versão preliminar) conforme norma da revista Engenharia
Agrícola.

**SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE: BALANÇO
ENERGÉTICO EM SISTEMA INTENSIVO DE PRODUÇÃO COM
VISÃO FOCADA NOS PROCESSOS**

Marcelo Carvalho Ramos¹, Alessandro Torres Campos², Karen Caroline Paiva da Silva³, Tadayuki Yanagi Junior², Francisco Carlos Gomes²

RESUMO: Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar as atividades de produção de leite em sistema intensivo, classificá-las em processos de produção e projetá-las em valores energéticos em Mapa de Fluxo de Valores Energéticos (MFVE). No estudo, realizado em uma fazenda do município de Córrego Fundo, MG, foi feito um estudo dos fluxos energéticos na produção, sendo todo o sistema dividido nos processos de produção de milho para silagem, alimentação do rebanho, ordenha, sanidade animal, manejo sanitário e controle de produção. Foram levantados os empregos de energia direta e indireta nos processos produtivos, em 2011. O valor unitário da energia empregada na produção de um litro de leite foi de 7,42 MJ kg⁻¹, com eficiência energética de 34,56%. Por meio do Mapa de Fluxo de Valores Energéticos (MFVE) proposto foi possível identificar os pontos críticos nos quais melhorias possam ser efetivadas, viabilizando a aplicação de ações de planejamento e controle da produção mais consistentes e convergentes na busca de melhores resultados.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores energéticos, fluxos energéticos, eficiência energética, bovinocultura, construções rurais.

¹Engenheiro Eletricista, Mestrado em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras – Lavras, MG, carvalho_marceloc@hotmail.com

²Engenharia Agrícola, Professor Doutor. Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras – Lavras, MG.

³Engenheira Agrícola, Mestranda em Eng. Agrícola. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.

MILK PRODUCTION SUSTAINABILITY: ENERGY BALANCE IN INTENSIVE SYSTEM PRODUCTION WITH FOCUSED VISION IN PROCESS

ABSTRACT: The present study aimed to investigate activities of milk production in intensive system, classify them into production processes and project them to energy values using a “Flow Energy Values Map” (FEVM). In a study carried out on farm in Córrego Fundo – MG, and an analysis of the flows in energy production was made, the whole system was divided into corn and silage production process, cattle feeding, milking, animal health management health control. All data from the use of direct and indirect energy in the production processes of 2011 were tabulated. The unit value of the energy used to produce one liter of milk was 7.42 MJ kg^{-1} with 34.56% of energy efficiency. Through FEVM proposed, it was possible to identify the critical points where improvements can be carried out enabling the implementation of actions of planning and control of production more consistent and convergent in a search of better results.

KEYWORDS: energy indicators, energy flows, energy efficiency, cattle, rural buildings and structures.

INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do leite pode ser considerada uma das mais importantes do complexo agroindustrial brasileiro. Em 2011, o número de vacas em lactação no Brasil ficou em terceiro lugar no *ranking* mundial, porém, a produção de leite caiu para a sexta posição, com 30,85 bilhões de litros. De acordo com os dados publicados, em 2011, pelo Ministério da Agricultura,

Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, a venda de leite deverá crescer 50,5%, até 2021.

Para que possa suprir a demanda, a produção mundial de leite deveria aumentar em 76% (FAO, 2011). Porém, poucos países têm a capacidade de ampliar sua produção para dar resposta a este aumento, que poderá ser ainda maior, frente ao crescimento acelerado da população mundial.

O Brasil tem elevado potencial para crescimento na pecuária leiteira. Todavia, para melhorar a eficiência dos sistemas de produção, torna-se necessário realizar duas abordagens distintas, porém, complementares: a produtiva, referente à análise da produção física obtida e a econômica, que se relaciona aos custos de produção e lucratividade. Além destas, a abordagem energética também vem recebendo atenção e se refere à mensuração e à construção de índices capazes de captar as diversas relações de fluxos de energia que permeiam determinado sistema agrícola (FRIGO et al., 2011).

As análises energéticas podem contribuir para a gestão do conhecimento em agronegócios, tornando-se exímias indicadoras de desempenho energético, econômico e social, constituindo um instrumento auxiliar para a avaliação da sustentabilidade. As estimativas de balanço de energia são importantes instrumentos para monitoramento de biosistemas ante o uso de energias não renováveis (VERNETTI JUNIOR et al., 2009).

Para garantir a sustentabilidade é necessário que cada agroecossistema de produção busque soluções específicas referentes às suas características. Além de aumento de produtividade, são necessárias maior eficiência e práticas de manejo equilibradas com os recursos que se encontram disponíveis (COSTA & BUENO 2011).

Pesquisas desenvolvidas por CORDIOLI & OLDRA (2009) apontaram que a produção de leite no Brasil está dividida entre um pequeno grupo de produtores especializados, com alta qualidade e produtividade e um grande

grupo de pequenos produtores, pouco ou nada especializados e, com baixa qualidade e volume de leite. Assim, para os pequenos produtores surge o grande desafio em se adequar ao Programa de Melhoria da Qualidade do Leite, instituído pela Instrução Normativa 62 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2003).

A regulamentação da qualidade do leite gera a reestruturação nos sistemas de produção, assim como também interfere nas relações entre a indústria e os produtores rurais (MAGALHÃES, 2007), tornando necessário organizar a produção, tanto na área técnica quanto na econômica.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a contribuição energética dos processos envolvidos na produção do leite bovino, visualizados pelo Mapa de Fluxo de Valor Energético (MFVE) e, assim, propor uma ferramenta de análise energética focada não somente no consumo final, mas em todas as etapas dos processos produtivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Estiva, localizada no município de Córrego Fundo, na região centro-oeste do estado de Minas Gerais, situada nas coordenadas 20° 25' 12" de latitude Sul e 45° 34' 10" de longitude Oeste, com altitude média de 801 m, clima tropical de altitude, no bioma cerrado (IBGE, 2011). Os dados coletados representaram todo o calendário do ano de 2011. O sistema de produção é do tipo intensivo, com produção média de 3.270 kg de leite por dia.

A fronteira do sistema compreendeu 150 ha de terra, dos quais 85 ha foram utilizados na produção do milho para silagem e o restante ocupado com as instalações. A média anual do rebanho bovino (raça Girolando) foi composta por 200 vacas em lactação, 75 vacas solteiras, 30 novilhas com idade acima de 24

meses, 30 novilhas com idade entre 12 a 24 meses, 92 bezerras com idade de zero a um ano e 3 touros no pasto.

A sala de ordenha é do tipo espinha de peixe 6x6 (marca: DeLaval), linha alta, com tanque de expansão de 4.000 L (marca: Kepler Weber), com dois motores de 5,5 HP e com as seguintes características construtivas: 245 m² de área construída em alvenaria de blocos de concreto parentes, pé direito de 3 m, cobertura feita parcialmente com telhas de fibrocimento e parte com telhas cerâmicas, piso cimentado liso.

O alojamento para os tratores, implementos rurais e depósito de insumos tem 765 m² de área construída em estrutura mista de concreto/aço/madeira, pé direito de 6 m, cobertura em telhas de fibrocimento e piso de concreto rústico.

O alimento produzido internamente (milho), após colheita, é armazenado em cinco silos trincheira, com capacidade para 765 t cada. As vacas em lactação são mantidas em três piquetes de 140 m², abrigando 67 animais cada, dispondo de comedouros com coberturas com área de 420 m². A propriedade dispõe também de instalações para manejo sanitário dos animais contendo tronco e as instalações complementares, como maternidade e bezerreiro.

A origem e a forma de utilização da energia nos agroecossistemas se apresentam de diversas maneiras, sendo, primeiramente, necessário classificá-las, para, posteriormente, realizar uma análise energética (SANTOS & SIMON, 2010). Assim, as atividades vinculadas à produção de leite foram classificadas em processos de produção de silagem de milho, alimentação do rebanho, sanidade animal, ordenha, manejo sanitário e controle de produção.

Pelo levantamento *in loco* dos insumos utilizados em 2011, planilhas de controle na ordenha e de controle da horas produtivas das máquinas e equipamentos por atividades, os insumos agropecuários aplicados nos processos produtivos foram identificados. Os somatórios destes insumos foram classificados por processos e convertidos em formas de energia direta

biológica, energia direta fóssil do petróleo, energia direta hidroelétrica e energia indireta aplicada nas construções rurais e fabricação das máquinas e equipamentos (RODRIGUES & SIMON, 2010).

Os insumos utilizados pelos tratores agrícolas nos processos foram convertidos em valores energéticos, de acordo com o Balanço Energético Nacional (2011), sendo: 35,52 MJ L⁻¹ (óleo diesel); 37,29 MJ L⁻¹ (lubrificantes); e 45,22 MJ kg⁻¹ (graxa). Para os fertilizantes agrícolas foram adotados os coeficientes utilizados por SALLA & CABELLO (2010), sendo: 73,30 MJ kg⁻¹ (N); 13,90 MJ kg⁻¹ (P₂O₅); 9,20 MJ kg⁻¹ (K₂O) e 0,20 MJ kg⁻¹ (calcário).

A energia indireta, relativa às máquinas e equipamentos agrícolas, foi adaptada segundo ULBANERE & FERREIRA (1989), sendo: 33,73 MJ h⁻¹ (trator MF-4283); 31,90 MJ h⁻¹ (trator MF-4275); 24,23 MJ h⁻¹ (trator MF-255); 5,23 MJ h⁻¹ (arado); 1,55 MJ h⁻¹ (subsolador); 8,59 MJ h⁻¹ (grade); 7,44 MJ h⁻¹ (semeadora); 0,86 MJ h⁻¹ (cultivador); 2,43 MJ h⁻¹ (pulverizador); 5,72 MJ h⁻¹ (colhedora) e 4,15 MJ h⁻¹ (carretas).

Os defensivos agrícolas foram convertidos pelos mesmos coeficientes utilizados por SANTOS et al. (2007), sendo: 418,22 MJ L⁻¹ (herbicida); 363,81 MJ L⁻¹ (inseticida) e 271,71 MJ L⁻¹ (fungicida). A energia elétrica consumida nos processos foi convertida pelo coeficiente de 3,60 MJ kWh⁻¹ (BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL, 2011).

Os índices energéticos das construções rurais foram definidos segundo características construtivas e composições TCPO (2010), com valores energéticos depreciados em função da vida útil de 40 anos. Para um levantamento acurado da composição energética das construções rurais foram utilizados os seguintes coeficientes energéticos por insumos: 62,78 MJ kg⁻¹ (p/ 3,35 t de aço); 119,99 MJ kg⁻¹ (p/ 2,25 t de PVC e plástico); 13,81 MJ kg⁻¹ (p/ 19,50 t de madeira); 45,02 MJ kg⁻¹ (p/ 73 kg de fio elétrico); 3,60 MJ kg⁻¹ (p/ 110 kg de telha cerâmica); 3,93 MJ kg⁻¹ (p/ 28 t de telha fibrocimento); 4,76 MJ

kg^{-1} (p/ 30 t cimento); 2,71 MJ un (16.000 unidades de bloco de concreto) e 0,05 MJ m^3 (p/ 200 m^3 areia lavada e pedra britada) (CAMPOS et al., 2003; PELLIZZI, 1992).

A mão de obra foi representada por coeficientes energéticos distintos, sendo 2,03 MJ h^{-1} para atividades de baixo esforço físico e 4,39 MJ h^{-1} para atividades com alto esforço físico (PIMENTEL, 1980).

No processo de alimentação do rebanho, a energia empregada para a produção de 3.825,00 toneladas de silagem de milho (consumidas em 2011), proveniente do processo de produção de milho para silagem, foi adicionada aos demais valores energéticos referentes ao consumo em energia elétrica, mão de obra, energia indireta dos equipamentos agrícolas e construções rurais, alimentação concentrada e demais nutrientes indispensáveis à saúde do animal, tais como água, bionúcleo, farelo de soja, polpa cítrica e caroço de algodão.

Para os insumos alimentares foram utilizados os seguintes coeficientes energéticos: 16,72 MJ kg^{-1} (p/ 242,71 t de farelo de soja); 1,09 MJ kg^{-1} (p/ 23,2 t de bionúcleo e sal mineral); 16,03 MJ kg^{-1} (p/ 58 t de torta, caroço algodão e casca moída) e 0,47 MJ kg^{-1} (p/ 3,07 t de ração concentrada) (SOARES et al., 2007; SOARES et al., 2008).

O coeficiente energético para o milho em silagem foi calculado pela razão entre a energia total gasta no processo de produção do milho pela massa do material (silagem) consumido em um ano, resultando em 0,70 MJ kg^{-1} (milho em silagem). A demanda de energia elétrica gasta para o preparo da alimentação concentrada foi medida em kW e convertida em MJ, assim como toda a energia direta utilizada para disponibilizar os alimentos para o consumo dos animais (tratores, carretas e mão de obra), além da energia indireta das máquinas, equipamentos e construções rurais.

Os coeficientes para insumos veterinários foram adaptados da metodologia utilizada por SOARES et al. (2008), sendo: 752,00 MJ L^{-1} (p/

33,28 L de probióticos); 522,53 MJ L⁻¹ (p/ 117,81 L de antibióticos); 725,20 MJ L⁻¹ (p/ 2,03 L de vacinas); 45,97 MJ L⁻¹ (p/ 176,18 L de ectoparasiticidas); 46,06 MJ L⁻¹ (p/ 30,04 L de endoparasiticidas); 15,15 MJ L⁻¹ (p/ 61,40 L de estimulantes de apetite) e 2.518,00 MJ L⁻¹ (p/ 38,96 L de medicamentos diversos).

O valor energético apurado no processo de ordenha contemplou toda mão de obra utilizada para duas seções diárias, somada ao consumo elétrico do motor da bomba de vácuo, do tanque de expansão, da iluminação interna e externa das instalações (salas de ordenha, de leite e curral de espera) e toda a energia indireta das construções rurais.

Para o processo de manejo sanitário foi medido o consumo elétrico proveniente das bombas d'água e da lavadora de pressão. Foi determinado o consumo de energia pela mão de obra aplicada na coleta dos dejetos animais, transporte e limpeza geral. Mediram-se o consumo de combustível e a energia indireta das construções. Na propriedade, os dejetos animais não retornam para a lavoura; eles são trocados comercialmente por calcário. Dessa forma, a energia que retorna para a lavoura foi substituída pela energia de 241,5 toneladas de calcário e sua aplicação no solo.

Por fim, o processo de controle de produção, que relaciona todas as atividades administrativas, também consome parte de energia direta e indireta proveniente de mão de obra, construções (escritório) e tratores utilizados para a melhoria das estradas e manutenção geral da propriedade, não classificadas nos processos anteriores.

A energia acumulada na produção do leite foi convertida em valores energéticos. O coeficiente utilizado foi o mesmo praticado por COSTA & BUENO (2011), ou seja, 2,64 MJ kg⁻¹ de leite para a densidade de 0,97 kg L⁻¹.

Os valores energéticos foram apurados por processos, convertidos e transcritos no Mapa de Fluxo de Valor Energético, demonstrando os fluxos de

energia direta e indireta consideradas como entradas e saídas nos processos. Assim, a eficiência energética do sistema foi obtida pela razão entre o somatório de toda energia na saída e o somatório de toda energia na entrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No processo relacionado à produção de silagem de milho, os fertilizantes representaram a maior parcela de consumo energético (84,79%), seguidos por 8,02% do óleo diesel, lubrificantes e graxas dos tratores agrícolas. Os demais componentes da energia direta totalizaram 5,85% e a energia indireta representou 1,34% (Tabela 1).

O custo energético para a produção de 3.825 toneladas de milho para silagem correspondeu a 31.880,56 MJ ha⁻¹, valor considerado elevado, quando comparado aos 15.633,7 MJ ha⁻¹ encontrado por SALLA & CABELLO (2010). Os autores conjecturam que a adoção de técnicas alternativas de produção, tais como plantio direto, uso de combustíveis renováveis e adubação orgânica, pode minimizar o consumo energético na produção do milho, porém, os fertilizantes continuam sendo os responsáveis pelo maior consumo energético deste processo.

Para JASPER et al. (2010), soluções que visem à redução no consumo energético tornam-se altamente complicadas, visto que isso deveria reduzir a utilização de equipamentos, acarretando, certamente, em baixa na produtividade ou dificuldades em alocar mão de obra para as atividades de produção de grãos.

TABELA 1. Energia empregada no processo de produção de silagem de milho.
Employed energy in the production process of corn silage.

Produção de silagem de milho	Energia empregada (MJ ano⁻¹)	%
Energia direta		
Óleo diesel, lubrificante e graxa	217.404,51	8,02%
Fertilizantes	2.297.705,68	84,79%
Defensivos	80.812,05	2,98%
Sementes	74.215,15	2,74%
Energia elétrica	1.249,93	0,05%
Mão de obra	2.174,24	0,08%
Energia indireta		
Máquinas e equipamentos agrícolas	33.328,80	1,23%
Construções rurais	2.957,33	0,11%
Total de energia empregada	2.709.847,68	100,00%

O processo relacionado à alimentação do rebanho, ou seja, milho em silagem, farelo de soja, sais minerais, bionúcleo, torta e caroço de algodão, concentrado, farelo de polpa cítrica, preparo da ração concentrada e sua distribuição aos animais no cocho, apresentou os valores energéticos descritos na Tabela 2. Neste processo, somente o farelo de soja foi responsável por 47,83% de todo consumo energético, pois, por ser a soja uma cultura de elevado teor de proteína e menor percentual de óleo, isso resulta em grande quantidade de farelo, elevando-se, assim, seu saldo energético que, após passar pelo processamento industrial, acumula maior quantidade de energia em processamentos (SOARES et al., 2008).

TABELA 2. Energia empregada ao processo de alimentação do rebanho.
Employed energy in the feeding process the flock.

Alimentação do rebanho	Energia empregada (MJ ano⁻¹)	%
Energia direta		
Óleo diesel, lubrificantes e graxa	422.086,70	4,97%
Alimentação (milho em silagem)	2.693.403,65	31,74%
Alimentação (farelo de soja)	4.058.111,20	47,83%
Alimentação (concentrado e outros)	1.110.980,08	13,09%
Leite (amamentação)	86.823,43	1,02%
Energia elétrica	36.230,59	0,43%
Mão de obra	7.669,94	0,09%
Energia indireta		
Máquinas e equipamentos agrícolas	56.272,81	0,66%
Construções rurais	13.201,16	0,16%
Total de energia empregada	8.484.779,56	100,00%

A energia contida na silagem de milho (31,74%) foi adicionada ao processo de alimentação, ou seja, toda energia empregada na produção da silagem de milho foi considerada no processo de alimentação do rebanho. Os demais insumos alimentares totalizaram 13,09% e o leite que retorna para alimentação das bezerras representou 1,02%, ou seja, acima dos valores de energia elétrica (0,43%), mão de obra (0,09%) e toda a energia indireta (0,82%) do sistema produtivo.

O processo de sanidade animal, que abrange mão de obra veterinária e uso de medicamentos para prevenção e cura de doenças relacionadas ao rebanho, teve a maior representação energética nos medicamentos diversos (49,57%), seguido pelos antibióticos (31,23%) e probióticos (12,24%). A mão de obra teve baixa representação, apenas 0,92% (Tabela 3).

O consumo energético total dos medicamentos apresentou baixa representação na matriz energética do sistema (1,71%). Isto deve se ao fato de o tratamento veterinário ser do tipo preventivo que, segundo VALENTE et al. (2012), constitui uma prática comum para reduzir custos com medicamentos, diminuindo, assim, o consumo energético e aumentando a probabilidade de manifestação de doenças. Uma importante questão a ser considerada é que o processo de sanidade animal tem forte interação com o processo de alimentação, (SALMAZO et al., 2008). Estes autores, quando introduziram maior suplementação alimentar, depreenderam que as vacas, durante o pré e pós-parto, obtiveram resultados mais eficientes no período do cio.

TABELA 3. Energia empregada ao processo de sanidade animal. **Employed energy to health animal process.**

Sanidade animal	Energia empregada (MJ ano⁻¹)	%
Energia direta		
Probióticos	24.134,66	12,24%
Antibióticos	61.559,65	31,23%
Vacinas	1.472,16	0,75%
Ectoparasiticidas	8.098,41	4,11%
Endoparasiticidas	1.383,51	0,70%
Estimulantes de apetite	930,39	0,47%
Medicamentos diversos	97.711,68	49,57%
Mão de obra (veterinário e ajudante)	1.819,42	0,92%
Total de energia empregada	197.109,87	100,00%

No processo de ordenha, o consumo de energia elétrica, medido em kW h⁻¹, representou 77,53% do total, seguido por 17,14% de consumo energético da mão de obra e 5,33% pela energia indireta das construções rurais (Tabela 4).

A análise pormenorizada do emprego de energia no processo de ordenha, na forma de eletricidade, apontou o tanque de expansão, usado no resfriamento do leite, como principal ponto de consumo, representando 39,81% de toda matriz elétrica do sistema. Estudos comparativos de armazenamento de leite, realizados por VINHOLIS & BRANDÃO (2009), apontaram maior redução no consumo elétrico quando as coletas de leite foram feitas com maior frequência, reduzindo-se, assim, o tempo de conservação do leite de cada ordenha. Os autores descrevem que a capacidade de armazenamento do tanque também deve ser avaliada, a fim de evitar excessos no dimensionamento.

A mão de obra empregada neste processo poderá ser reduzida mediante a utilização de tecnologia que permita racionalizar e acelerar o ritmo de produção, tal como o uso de sistema de ordenha dotado de extratores automáticos de teteiras. Porém, essa automação requer maiores investimentos (BOTEGA et al. 2008).

TABELA 4. Energia empregada ao processo de ordenha. **Employed energy in the milking process.**

Ordenha	Energia empregada (MJ ano⁻¹)	%
Energia direta		
Energia elétrica	160.447,49	77,53%
Mão de obra	35.474,55	17,14%
Energia indireta		
Construções rurais	11.029,60	5,33%
Total de energia empregada	206.951,64	100,00%

O processo de manejo sanitário, com atividades de limpeza dos currais, da sala de ordenha, de máquinas e implementos e demais instalações, tem a água como principal recurso, gerando consumo elétrico pelas bombas d'água. Como os animais são mantidos em piquetes, a mecanização da limpeza de dejetos

animais fica parcialmente prejudicada, tornando-se necessária a utilização de enxadas, pás e carretas, com considerável uso de mão de obra. Na Tabela 5 observam-se os principais consumos energéticos deste processo. Ressalva-se que vários autores não consideram a água no balanço energético, sendo consideradas apenas as formas de energia sujeitas à escassez (AGOSTINHO & ORTEGA, 2012).

Os tratores foram responsáveis por 58,82% do consumo energético, ficando a mão de obra com uma participação de 19,01%. A energia elétrica, proveniente do consumo elétrico das bombas e lavadoras de pressão, representou 13,27%, acima da energia indireta, com 8,91%, oriunda das máquinas, equipamentos e construções.

TABELA 5. Energia empregada ao processo de manejo sanitário. **Employed energy to animal sanity process.**

Manejo sanitário	Energia empregada (MJ ano⁻¹)	%
Energia direta		
Óleo diesel, lubrificantes e graxa	13.585,94	58,82%
Mão de obra	4.390,15	19,01%
Energia elétrica	3.065,76	13,27%
Energia indireta		
Máquinas e equipamentos agrícolas	1.802,27	7,80%
Construções rurais	255,21	1,10%
Total de energia empregada	23.099,33	100,00%

O processo de controle de produção (Tabela 6), responsável pela administração da propriedade, contabilizou outros recursos energéticos consumidos e não apropriados aos processos anteriores, tais como mão de obra para atividades diversas relacionadas à atividade, energia elétrica do alojamento de funcionários, salas administrativas e utilização de máquinas e equipamentos

para benfeitorias diversas. A energia elétrica foi responsável por 63,02% do consumo energético neste processo, acompanhada por 18,09% da mão de obra e 15,95% da energia direta consumida pelos tratores. A energia indireta totalizou 2,94%.

TABELA 6. Energia empregada ao processo de controle de produção.
Employed energy to process production control.

Controle de produção	Energia empregada (MJ ano⁻¹)	%
Energia direta		
Óleo diesel, lubrificantes e graxa	8.238,08	15,95%
Energia elétrica	32.553,11	63,02%
Mão de obra	9.342,78	18,09%
Energia indireta		
Máquinas e equipamentos agrícolas	843,14	1,63%
Construções rurais	675,88	1,31%
Total de energia empregada	51.653,00	100,00%

A análise por processos permitiu conhecer os maiores focos de consumo energético, fornecendo a possibilidade de uma análise global do sistema. Na Figura 1, observa-se que a alimentação do rebanho constitui o processo de maior consumo energético e pode ser dividida em dois grupos: 30,13% em silagem de milho e 64,46%, provenientes de todo consumo em óleo diesel, mão de obra, energia elétrica, farelo de soja, concentrados, nutrientes e a energia indireta relacionada ao processo de alimentação do rebanho.

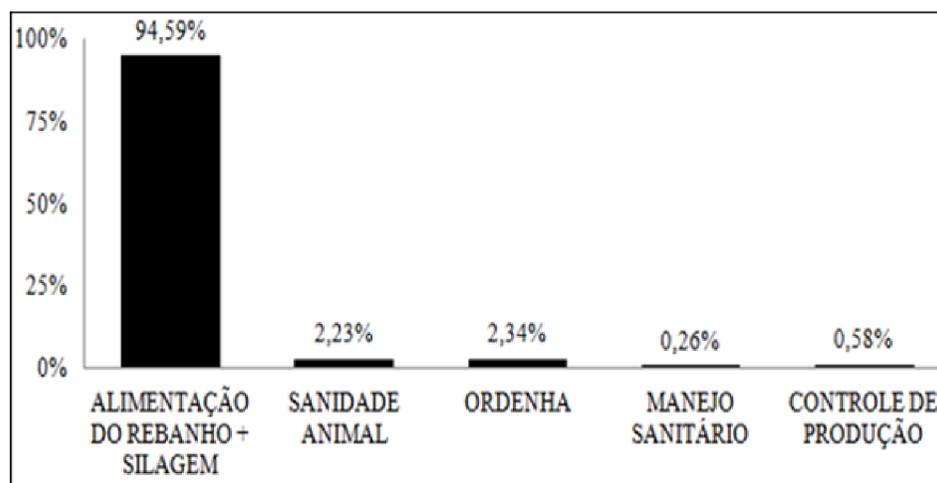


FIGURA 1. Participação dos processos na matriz energética do sistema intensivo de produção de leite (%). **Process participation in the energy system of intensive milk production (%)**.

Os demais processos foram pouco representativos na contribuição para a formação da matriz energética, representando apenas 5,41% de todo o consumo energético do sistema intensivo de produção de leite. Este resultado indica, claramente, que qualquer ação direcionada à racionalização do processo de alimentação do rebanho implicará na possibilidade de maior eficiência energética na matriz do sistema.

Na Figura 2 apresentam-se, em escala decrescente, os principais componentes de consumo energético (% MJ ano⁻¹) e sua participação na matriz energética do sistema intensivo de produção de leite, em 2011. Observa-se a importante contribuição do farelo de soja na matriz energética do sistema, muito acima dos fertilizantes. Em contraposição, nota-se a baixa representação da mão de obra e também da energia indireta das máquinas, equipamentos e construções rurais.

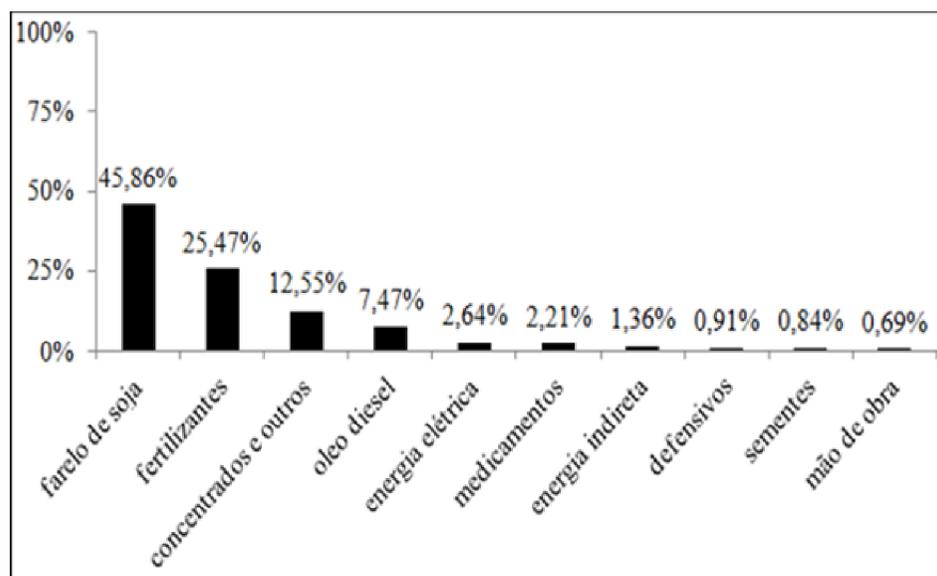


FIGURA 2. Principais componentes de consumo energético do sistema intensivo de produção de leite (%MJ ano⁻¹). **Main components of the milk intensive energy system production (%MJ ano⁻¹).**

De forma antagônica, percebe-se que, apesar do baixo valor em energia indireta apresentado pelas construções, estas têm fundamental importância no sistema produtivo. NAVARINI et al. (2009) alertam para a importância das instalações na disponibilização de água e sombra, por exemplo, fundamentais para os animais.

A média de produção foi de 15,85 litros de leite vaca⁻¹ dia⁻¹. Ao se comparar este resultado com o resultado de 20,00 litros de leite vaca⁻¹ dia⁻¹, encontrado por MILANI & SOUZA (2010), percebe-se que os valores apresentados na propriedade em estudo indicam oportunidade de melhoria na produtividade. Em contrapartida, qualquer variação na alimentação, buscando aumento de produtividade, provocará variações energéticas na matriz do sistema.

Na Figura 3 apresenta-se o Mapa de Fluxo de Valor Energético (MFVE) obtido para o sistema intensivo de produção de leite, com foco nos processos. Observa-se que o controle de produção registrou eficiência no sistema de 34,56% ano⁻¹, sendo a energia empregada contabilizada como entrada de 8.849.634,03 MJ ano⁻¹ e transformada em saída, com 3.058.385,67 MJ ano⁻¹.

De acordo com o MFVE, o processo de produção de milho para silagem foi responsável por 2.709.847,68 MJ ano⁻¹. Esta energia, ao ser adicionada aos 5.774.026,45 MJ ano⁻¹ consumidos pelo processo de alimentação do rebanho, elevou o consumo energético no processo de alimentação do rebanho para 8.438.874,13 MJ ano⁻¹, o que equivale a 96% da matriz energética do sistema. O calcário, oriundo da troca comercial pelos dejetos dos animais, contribui para 43.579,97 MJ ano⁻¹, melhorando a eficiência no processo de plantio de milho para silagem. Porém, o resultado final apontou o consumo energético alimentar como o maior responsável pelos custos energéticos deste sistema, ou seja, 94,59%.

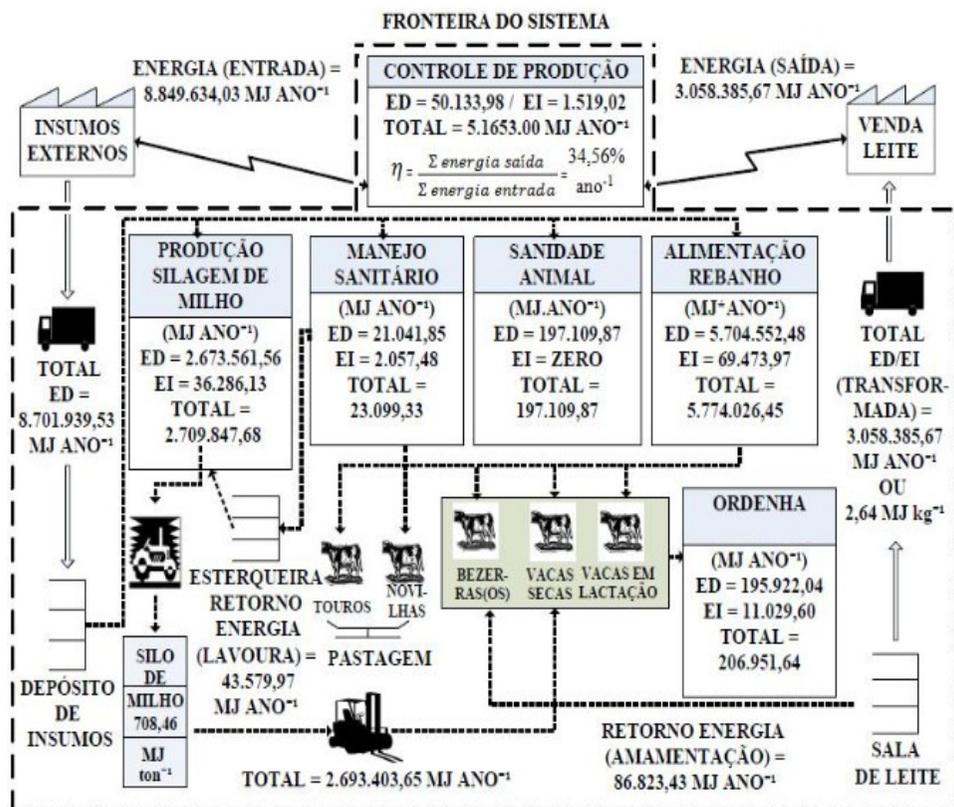


FIGURA 3. Mapa de Fluxo de Valor Energético (MFVE) aplicado a um sistema intensivo de produção de leite, em 2011. **Flow Energy Values Map (FEVM) applied to an milk intensive system production in 2011.**

CONCLUSÕES

O Mapa de Fluxo de Valor Energético proposto possibilitou a visualização dos fluxos energéticos e sua contribuição no sistema intensivo de produção de leite, apresentando-se como uma ferramenta potencial para análise energética e tomada de decisão.

A alimentação é o ponto chave para quaisquer ganhos energéticos em grande escala, principalmente na substituição do farelo de soja pelo cultivo da

soja ou outras forrageiras, na propriedade. Porém faz-se necessária a avaliação nutricional de cada animal de acordo com sua capacidade produtiva, podendo reduzir ou elevar o consumo alimentar e, conseqüentemente, os valores energéticos.

Viabilizar sistemas produtivos com foco no aumento de produtividade e na melhor eficiência energética torna-se um grande desafio para os produtores rurais, pois isso requer o emprego de práticas de manejo equilibradas com os recursos disponíveis.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, F; ORTEGA, E. Integrated food, energy and environmental services production: an alternative for small rural farms in Brazil. *Energy*, New York, v. 37, n. 1, p. 103-114, jan. 2012.

BARIONI, L.G.; ALBERTINI, T.Z.; MEDEIROS, S.R. de. Modelagem matemática do balanço de gases do efeito estufa na pecuária de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 40, p. 201-212, 2011. Suplemento especial.

BOTEGA, J.V.L.; BRAGA JÚNIOR, R.A.; LOPES, M.A.; RABELO, G.F. Diagnóstico da automação na produção leiteira. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 2, p. 635-639, mar./abr. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa Nº 62/2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Brasília, 2003.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional 2011: ano base 2010*. Ministério de Minas e Energia/Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2011. 266p.

CAMPOS, A.T.; SAGLIETTI, J.R.C.; CAMPOS, A.T de; BUENO, O. de C.; RESENDE, H.; CORDIOLI, E.; OLDRA, A. Sistemas de produção de leite e qualidade do produto final na agricultura familiar. *Revista Brasileira de Agroecologia*, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 4493-4496, nov. 2009.

COSTA, Z.F.; BUENO, O.C. Eficiência energética e econômica da produção de leite bovino em explorações familiares no município de Pardinho, região de Botucatu, SP. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 126-140, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *The state of food and agriculture*. Rome, 2011.

FRIGO, M.S.; FRIGO, E.P.; BUENO, O.C.; ESPERANCINI, M.S.T.; KLAR, A.E. Custos energéticos do agroecossistema pinhão-manso e milho: comparativo entre o sistema de condução sequeiro e o irrigado. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 87-102, abr./jun. 2011.

GASPARINO, E.; KLOSOWSKIS, E.S. Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 667-672, jul./ago. 2003.

IBGE. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo agropecuário*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011.

JASPER, S.P.; BIAGGIONI, M.A.M.; SILVA, P.R.A.; SEKI, A.S.; BUENO, O.C. Análise energética da cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) produzida em plantio direto. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 395-403, mai./jun. 2010.

MAGALHÃES, R.S. Habilidades sociais no mercado de leite. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 47, n. 2, p. 1-11, abr./jun. 2007.

MILANI, A.P.; SOUZA, F.A de. Granjas leiteiras na região de Ribeirão Preto-SP. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.4, p.742-752, jul./ago. 2010.

NAVARINI, F.C.; KLOSOWSKI, E.S.; CAMPOS, A.T.; TEIXEIRA, R. de A.; ALMEIDA, C.P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.4, p.508-517, out./dez. 2009.

PELLIZZI, G. Use of energy and labour in Italian agriculture. *Journal of Agricultural Engineering Research*, London, v. 52, n. 1, p. 111-119. 1992.

PERRONI, B.L.T.; CARVALHO, J. de A.; FARIA, L.C. Velocidade econômica de escoamento e custos de energia de bombeamento. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.31, n.3, p.487-496, mai./jun. 2011.

Pimentel, D. *Handbook of energy utilization in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1980, 475 p.

RODRIGUES, R. dos S.; SIMON, E.J. Análise energética do milho em sistema de plantio direto, no assentamento rural da fazenda Pirituba, Itaberá/SP. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 121-137, 2010.

ROMERO, M.G.C.; BUENO, O. de C.; ESPERANCINI, M.S.S. Avaliação energética e econômica do agroecossistema algodão: uma abordagem entre sistemas familiares de produção do Paraguai e Brasil. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 26, n. 3, p. 109-128, 2011.

SALLA, D.A.; CABELLO, C. Análise energética de sistemas de produção de etanol de mandioca, cana-de-açúcar e milho. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 25, n. 2, p. 32-53, 2010.

SALMAZO, R.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B.; ROCHA, M.A. da; RIBEIRO, E.L. de A.R.; SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; SPERA, S.T.; ÁVILA, A. Efeito de práticas culturais na conversão e no balanço energético. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 2, p. 299-306, 2007.

SANTOS, R.R.; SIMON, E.J. Análise energética do milho em sistema de plantio direto, no assentamento rural da fazenda Pirituba, Itaberá/SP. *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 25, n. 1, p. 121-137, jan./fev./mar. 2010.

SENEDA, M.M.; HIROKI, P.T.; KRAWULSKI, C.C.; RIGO, A.G.; SCHROEDER, R.V. Efeito de diferentes níveis de suplementação concentrada sobre o desempenho reprodutivo de vacas leiteiras mantidas a pasto. *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 29, n. 3, p. 731-740, jul./set. 2008.

SOARES, L.H. de B.; MUNIZ, L.C.; FIGUEIREDO, R.S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URGUAGA, S.; MADARI, B.E.; MACHADO, P.L.O de A. *Balanço energético de um sistema integrado lavoura-pecuária no cerrado*. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2007. 16 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 26).

SOARES, L.H. de B.; ARAÚJO, E. da S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; URGUIAGA, S. *Eficiência energética comparada das culturas do girassol e soja, com aptidão para a produção de biodiesel no Brasil*. Seropédica: EMBRAPA Agrobiologia, 2008. 6 p. (Embrapa Agrobiologia. Circular Técnica, 25).

Tabelas de composições de preços para orçamentos. São Paulo: *Pini*, 2010. 640 p.

ULBANERE, R.C.; FERREIRA, W. Análise do balanço energético para a produção do milho no Estado de São Paulo. *Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 4, n. 1, p. 35-42. 1989.

VALENTE, L.C.M.; SOUZA, E.C. de; VALE, S.M.L.R.; BRAGA, M.J. Relação entre gastos preventivos e com tratamento: levantamento da situação em fazendas produtoras de leite de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 41, n. 1, p. 212-220, jan. 2012.

VERNETTI JÚNIOR, F.J.; GOMES, A.S.; SCHUCH, L.O.B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1708-1714, nov./dez. 2009.

VINHOLIS, M. de M.B.; BRANDÃO, H. de M. Economia de escala no processo de resfriamento do leite. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, n. 1, p. 245-251, jan./fev. 2009.

ARTIGO 2

**SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE: BALANÇO
ECONÔMICO E ENERGÉTICO DE UM SISTEMA INTENSIVO NO
CERRADO**

Artigo redigido (versão preliminar) conforme norma da revista Engenharia
Agrícola.

**SUSTENTABILIDADE NA PRODUÇÃO DE LEITE: BALANÇO
ECONÔMICO E ENERGÉTICO DE UM SISTEMA INTENSIVO NO
CERRADO**

Marcelo Carvalho Ramos¹, Alessandro Torres Campos², Tadayuki Yanagi
Junior², Francisco Carlos Gomes²

RESUMO: Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os custos financeiros relativos à produção de leite bovino e compará-los aos custos energéticos. No estudo, realizado em uma fazenda no município de Córrego Fundo, MG, foi feita uma análise financeira dos custos fixos e variáveis empregados no sistema produtivo, no ano de 2011. As atividades envolvidas na produção foram classificadas nos processos de produção de milho para silagem, alimentação do rebanho, ordenha, sanidade animal, manejo sanitário e controle de produção. Foram incluídos os custos referentes à mão de obra com encargos trabalhistas e a depreciação das construções, máquinas e equipamentos agrícolas. Com o levantamento dos custos de produção em cada processo, realizou-se uma comparação entre os custos financeiro e energético, atribuindo-se um valor financeiro para cada 1 MJ de energia consumida pelos processos. O sistema de produção de leite pesquisado, embora tenha apresentado uma margem líquida positiva, com 23,62% de rentabilidade e 28,70% de lucratividade, demonstrou a necessidade de maior empenho administrativo em busca de melhor sustentabilidade econômica.

PALAVRAS-CHAVE: bovinocultura, construções rurais, custo de produção, custo energético, depreciação.

¹Engenheiro Eletricista, Doutorando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras – Lavras, MG, carvalho_marceloc@hotmail.com

²Engenheiro Agrícola, Professor Doutor. Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras – Lavras, MG.

SUSTAINABILITY IN THE PRODUCTION OF MILK: ECONOMIC AND ENERGY BALANCE OF AN INTENSIVE SYSTEM

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the financial costs related to the production of bovine milk and compare them to energy costs. In the study, carried out on a farm in Córrego Fundo – MG, a financial analysis was made of the fixed and variable costs employed in the production system in the year 2011. The activities involved in the production were classified in the production process of corn for silage, animal feed, milking, animal health, sanitary handling and production control. Cost related to labor with labor charges and depreciation of farm building, farm machinery and equipment were considered. With the withdrawals of production costs in each case, there was a comparison between the financial and energy costs, assigning a financial value for every 1 MJ of energy consumed by processes. The system of milking production researched, although presenting a positive net margin, with 23.62% and 28.70% profitability showed the need for greater administrative effort in search of better economic sustainability.

KEYWORDS: cattle, farm buildings, production cost, energy cost, depreciation.

1 INTRODUÇÃO

A abertura do mercado externo, após a década de 1990, colocou a produção agropecuária diante de novos investidores. A estabilização econômica, a consolidação do Mercosul e a queda do tabelamento no preço do leite foram precursores desta nova realidade, causando um forte aumento na competitividade da pecuária leiteira e promovendo, por conseguinte, a modernização do setor (COSTA & BUENO, 2010).

Considerando-se o valor bruto da produção agropecuária como indicador de renda do setor rural, o leite está entre os seis produtos mais importantes, à frente até de *commodities* tradicionais, como o café e o suco de laranja (SOUZA JÚNIOR et al., 2008).

Conforme estudos realizados por SIMÕES et al. (2009), os sistemas de produção de leite utilizados no Brasil são classificados em três tipos: extensivo, semi-intensivo e intensivo. No extensivo, utilizam-se áreas de pastagens de forma contínua e com produção em torno de 3,28 litros de leite vaca⁻¹ dia⁻¹. No sistema semi-intensivo (semiconfinado), os animais são criados em piquetes rotacionados, com alimentação auxiliar no cocho e com produção em torno de 15 litros de leite vaca⁻¹ dia⁻¹. Nos sistemas intensivos, o confinamento abrange a totalidade das vacas em lactação com alimentação exclusiva e balanceada, além de construções apropriadas para o alojamento dos animais. No sistema intensivo, a produção chega a mais de 20 litros de leite vaca⁻¹ dia⁻¹ (MILANI & SOUZA, 2010).

Produzir leite no sistema extensivo pode ser mais barato que nos demais, considerando o custo total anual de produção, pois os investimentos são altamente relacionados à alimentação e às instalações (SIMÕES et al., 2009). Nesse sentido, LOPES et al. (2007 b) advertem que os produtores devem refletir sobre as necessidades de melhor administrar suas propriedades, conhecendo os custos de produção, gerenciando informações de forma rápida para a tomada de decisão. Ao se fazer a avaliação econômica e energética de um biosistema, pode-se verificar o nível de dependência em recursos externos e internos, diretos e indiretos, e assim compreender melhor as adequações na exploração agropecuária capazes de tornar o sistema economicamente viável e com menores impactos ambientais (COSTA & BUENO, 2010).

Em geral, todos os sistemas de produção de leite se assemelham quanto aos processos que antecedem a ordenha, cabendo aos produtores escolher as

melhores alternativas em confinamento, mecanização, automatização, climatização, manejo, etc. a serem aplicadas e em qual fase estas escolhas poderão gerar melhores resultados econômicos e garantir a sustentabilidade do sistema. Para SOUZA et al. (2011), o uso de tecnologia que abranja todo o ambiente no qual o animal está inserido é uma ferramenta fundamental para as análises das interferências no processo e o bem-estar dos animais.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a rentabilidade econômica de um sistema de produção de leite e compará-la ao custo energético atribuído a cada processo produtivo e, assim, identificar as interferências financeiras e energéticas dos principais insumos aplicados na produção do leite, além de estabelecer uma relação financeira (R\$) para o consumo energético, em MJ ano⁻¹.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Fazenda Estiva, município de Córrego Fundo, região centro-oeste do estado de Minas Gerais, nas coordenadas 20° 25' 12" de latitude Sul e 45° 34' 10" de longitude Oeste, à altitude média de 801 m, no bioma cerrado. A fronteira do sistema pesquisado incluiu 150 ha de terra utilizados na produção do milho para silagem, silos modelo trincheira, instalações para confinamento de animais e toda a área utilizada pelas construções e instalações necessárias ao sistema. O rebanho bovino (raça Girolando) foi composto pela média anual de 200 vacas em lactação, 75 vacas solteiras, 30 novilhas com idade acima de 24 meses, 30 novilhas com idade entre 12 a 24 meses, 92 bezerras com idade de zero a um ano e 3 touros. O sistema utiliza ordenha mecânica tipo espinha de peixe 6x6, linha alta. A produção média é de 3.270 kg de leite por dia.

Foram coletadas informações referentes aos custos fixos e variáveis pertencentes ao sistema de produção de leite para o calendário de 2011, seguindo a metodologia de classificação de custos e análise de rentabilidade utilizada por LOPES et al. (2011). As atividades envolvidas no sistema produtivo foram classificadas nos processos de produção de milho para silagem, de alimentação do rebanho, de ordenha, de sanidade animal, de manejo sanitário e de controle de produção.

Os custos fixos (CF) incluíram a depreciação das construções, máquinas, equipamentos e implementos agrícolas, sendo a depreciação das construções calculada individualmente para cada bem inventariado (galpão, sala e equipamentos de ordenha, sala de refrigeração, sala de máquinas, área de confinamento, silos trincheira e rede de água). O custo total de depreciação das construções seguiu o método do Sistema de Amortização Constante (SAC) proposto por HOJI (2006), com vida útil de 40 anos (CAMPOS et al., 2003). Para cálculo da remuneração do capital, aplicou-se a taxa de poupança de 6% ao ano (LOPES et al., 2011). O mesmo cálculo foi feito para os equipamentos de ordenha, porém, com vida útil reduzida para 10 anos. O valor das construções foi obtido por meio de um memorial descritivo de cada benfeitoria, atribuindo-se um valor (R\$300,00 m²). estimado em função do grau de conservação, do padrão de acabamento e da avaliação local.

O CF para tratores agrícolas foi apurado pelo somatório do custo de depreciação (D), juros sobre o capital investido (J), custo de alojamento (A) e custo de seguro (S). A depreciação foi calculada pela diferença entre o valor inicial (Vi), obtido em pesquisa de mercado e o valor de sucata (Vs), padronizado em 10% do Vi, dividido pelo total da vida útil em horas produtivas. A taxa de juros (J) referente ao capital empregado na compra da máquina foi obtida pela razão entre a média de Vi e Vs, pelo total de horas produtivas anuais (h ano⁻¹), com taxa de 7,5% ao ano. O custo de alojamento (galpão para tratores)

foi caracterizado pela distribuição dos valores depreciados para os quatro tratores agrícolas (Massey Ferguson) utilizados no sistema. A taxa de seguros foi obtida pela razão entre V_i e o número de horas produtivas anuais (h ano^{-1}), com taxa de 1,0% ao ano (BALASTREIRE, 1987). Os demais equipamentos e implementos agrícolas (arado, subsolador, grade, semeadora, cultivador, pulverizador, colhedora, carreta e carreta de calcário) tiveram seus custos fixos atribuídos apenas à depreciação (D) e aos juros (J).

Os custos variáveis (CV) para tratores foram totalizados pelo somatório dos combustíveis (C), lubrificantes (L), reparos e manutenção (RM) e salário do operador de trator (ST). O consumo de óleos lubrificantes e graxas foi considerado incluso no cálculo dos custos de reparo e manutenção. Foi adotado o custo de manutenção para máquinas e equipamentos em 50% da razão do custo inicial (V_i) pelo tempo total de depreciação (BALASTREIRE, 1987). Os demais custos variáveis referentes à aquisição de fertilizantes, herbicidas, sementes, suplementação animal, sanidade, material de limpeza, energia elétrica, aquisição de animais, óleo diesel e mão de obra foram apurados pelos registros de compras. O custo variável da mão de obra aplicada nas atividades agropecuárias foi calculado de acordo com a legislação, sendo utilizado o índice de 42,04% sobre o salário base anotado em carteira de trabalho (NASCIMENTO, 2009).

A receita total (RT) foi calculada pelas vendas em 2011 (leite, milho e animais). A margem bruta (MB) foi calculada pela diferença entre a RT e o custo operacional efetivo (COE) sem impostos. A margem líquida (ML) foi calculada pela diferença entre a RT e o custo operacional total (COT) com impostos e depreciação. A margem bruta por kg leite (MBL) foi calculada pela razão entre a MB pela produção anual de kg de leite (kg ano^{-1}) e a margem líquida por kg de leite (MLL), pela razão entre RL pela produção anual de kg de

leite (kg ano^{-1}). A lucratividade do sistema foi calculada por meio da receita total (RT) e a rentabilidade pela receita do leite (RL), ambas em função do COT.

Para se obter uma avaliação econômica por processos, foram implantadas planilhas de controle de horas produtivas dos tratores, mão de obra do tratorista e ajudante, mão de obra na ordenha e manejo, mão de obra veterinária e demais insumos agropecuários. Os indicadores de produção foram agrupados em tabelas e distribuídos por processos.

A energia elétrica consumida pelo sistema produtivo foi calculada em função da potência ativa informada pelos fabricantes e medição elétrica com uso de amperímetro analógico acoplado ao circuito da sala de ordenha, tanque de refrigeração do leite, bomba de vácuo da ordenha e iluminação interna. O consumo elétrico proveniente das bombas d'água foi calculado em função da quantidade de horas em operação pelo volume de água bombeada para os reservatórios. Os demais consumos elétricos (máquinas de preparo da alimentação concentrada, iluminação externa do curral, alojamentos das máquinas, oficina e outras dependências) foram calculados por demanda mensal e em conformidade com o consumo de energia elétrica (kW mês^{-1}) descrito nas contas de energia elétrica.

O custo de alojamento foi distribuído somente para os tratores agrícolas. As demais construções foram agrupadas de forma a facilitar o cálculo e a distribuição dentre os processos (sala de ordenha, de leite, de máquinas, currais, curral de espera, bezerreiro, maternidade, piquetes e cercas de arame e tela em geral). Para a rede de água, considerou-se todo o sistema de bombeamento, composto de tubulações em PVC, caixas d'água, reservatórios, poço artesiano etc. Os custos provenientes da depreciação dos semoventes e o custo de oportunidades da terra não foram considerados neste estudo, uma vez que o sistema avalia o custo de produção da atividade como um todo, sendo

considerados os custos referentes à reposição e à manutenção dos animais e também à utilização da terra.

Posteriormente, os dados foram comparados com o custo energético relativo pesquisado por RAMOS et al. (2012), pertencente ao mesmo sistema de produção, possibilitando a avaliação dos fatores econômicos e energéticos impactantes na sustentabilidade do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados econômicos provenientes das atividades produtivas do sistema de produção de leite são apresentados na Tabela 1. O sistema apresentou 23,62% de rentabilidade e 28,70% de lucratividade. Foram considerados os custos de cria e recria de fêmeas de reposição e manutenção das vacas secas, porém, a análise não considerou a depreciação de matrizes.

A receita total, durante o período de estudo, foi de R\$ 1.067.968,43, o que correspondeu à soma dos valores apurados coma a venda do leite (93,35%), do milho (1,12%) e de animais (5,53%). Desse modo, a contribuição da receita para a venda de leite e de animais, respectivamente, está dentro da média encontrada por outros pesquisadores (LOPES et al., 2011). A propriedade analisada não vendeu o subproduto esterco, o qual foi trocado por calcário, promovendo redução nas despesas para correção do solo.

TABELA 1. Resumo da análise de rentabilidade do sistema de produção de leite no ano de 2011. **Summary of profitability analysis system milk production in 2011.**

Especificação	Valor total (R\$)	%
Receitas	1.067.968,43	100,00%
Leite	996.952,64	93,35%
Milho	12.000,00	1,12%
Animais	59.015,79	5,53%
Custo operacional total (COT)	761.425,07	100,00%
Custo operacional efetivo (COE)	685.830,35	
Custo com depreciação	75.594,72	
Custos fixos (CF)	80.594,72	10,58%
Depreciação	75.594,72	
Impostos	5.000,00	
Custos variáveis (CV)	680.830,35	89,42%
Custo operacional efetivo (s/	680.830,35	
Custo com depreciação		
Depreciação (máquinas e	46.922,68	
Depreciação (ordenha)	8.475,00	
Depreciação (construções)	20.197,04	
Margem bruta (*)	387.138,08	
Margem líquida (*)	306.543,36	
Margem bruta por kg de leite (*)	0,33	
Margem líquida por kg de leite (*)	0,26	
Margem bruta (**)	316.122,29	
Margem líquida (**)	235.527,57	
Margem bruta por kg de leite (**)	0,27	
Margem líquida por kg de leite (**)	0,20	
Custo total por kg de leite (c/ impostos)	0,66	
Rentabilidade (%)	23,62	
Lucratividade (%)	28,70	
Quantidade de leite (kg)	1.160.246,16	

*Indicadores calculados utilizando-se a receita total.

**Indicadores calculados utilizando-se a receita com leite.

A produção no período estudado foi de 1.193.183,98 kg de leite ano⁻¹, incluindo o leite retirado para a alimentação das bezerras, sendo a produtividade para 85 ha de terra cultivada igual a 14.037,46 kg ha⁻¹ ano. Por matriz em lactação, a média foi de 5.965,92 kg leite vaca⁻¹ ano ou de 16,34 kg leite vaca⁻¹ dia. Esta produção, por matriz em lactação, foi satisfatória, quando comparada à média diária de 10,36 kg por matriz em lactação, obtida por LOPES et al. (2008), em 17 propriedades leiteira na região de Lavras, MG. De acordo com o descrito por MILANI & SOUZA (2010), em sistema intensivo, espera-se um valor de produção acima de 19 kg vaca⁻¹ dia.

O resultado econômico no presente trabalho evidenciou os esforços gerenciais em busca do aumento na produtividade de leite por meio da alimentação balanceada e em maior volume, otimizando, assim, as despesas com mão de obra, medicamentos, energia, custos fixos, etc., mas, em contrapartida, aumentando significativamente os custos variáveis referentes à alimentação concentrada. O custo operacional efetivo (COE) foi responsável por 89,42% do custo operacional total (COT) e o custo fixo representou 10,58% do COT.

A margem líquida para a propriedade pesquisada foi positiva (R\$306.543,36), porém, ressalta-se que o preço médio de venda do leite, em 2011, foi de R\$ 0,86 kg⁻¹, superior ao valor médio apurado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da Universidade de São Paulo (USP), em 2011 (R\$0,83 kg⁻¹). Este valor de venda acima do valor de mercado ocorreu devido a exigências na qualidade do produto. Isto promove um melhor resultado financeiro, mas, ainda assim, é baixo frente ao alto índice de riscos oriundos dentro de um sistema de produção de leite. Além disso, 32.937,82 kg de leite produzidos foram destinados à alimentação das bezerras, deixando a propriedade de faturar o equivalente a R\$ 28.302,14, em 2011, aumentando ainda mais os custos da alimentação.

Em busca de uma visão mais detalhada dos custos financeiros, a análise por processos permitiu o conhecimento dos principais *gargalos* econômicos pertencentes ao sistema de produção de leite, proporcionando informações para uma melhor tomada de decisão dentro de cada processo específico, além de efetuar comparações com o custo operacional efetivo (COE) deste sistema.

O custo operacional para o processo de produção de 3.825 toneladas de milho para silagem (Tabela 2) teve 53,95% de seu custo atribuído à aquisição de fertilizantes, porém, para CORTEZ et al. (2009), os fertilizantes proporcionam plantas de milho mais desenvolvidas, o que favorece a colheita mecanizada pela inserção de espigas em menor altura.

Justificando a adoção dos fertilizantes, SEKI (2009) descreve que a sua utilização adequada proporciona vantagens ao antecipar o plantio de cultura sucessora e maximizar o uso da terra. Assim, percebe-se a importância na seleção de sementes de qualidade que, nesse processo, foi responsável por 19,54% do custo operacional. Em relação ao COT apurado neste sistema, o processo de produção de milho para silagem representou 24,95%.

TABELA 2. Custo operacional na produção de silagem de milho. **Operating cost in the production of corn silage.**

Produção de silagem de milho	Quantidade	Custo (R\$ ano⁻¹)	%
Custo variável			
Óleo diesel, L	6.011,02	11.420,94	6,01%
Reparos e manutenção (tratores)	1,00	3.429,15	1,81%
Energia elétrica (alojamento), kWh ⁻¹	347,11	97,19	0,05%
Mão de obra, horas	1.070,74	5.625,16	2,96%
Fertilizantes, kg	40.047,59	102.481,67	53,95%
Calcário, kg	190.305,56	6.082,22	3,20%
Sementes, kg	2.365,05	37.125,73	19,54%
Defensivos - L	232,96	1.863,70	0,98%
Custo fixo			
Depreciação (máq. e equipamentos)	1,00	20.584,12	10,84%
Depreciação (construções)	1,00	1.262,97	0,66%
Custo operacional = CV+CF		189.972,83	100,00%

Os valores econômicos do custo operacional relacionado ao processo de alimentação do rebanho estão descritos pela Tabela 3. O custo operacional desembolsado no processo de produção de silagem de milho foi adicionado ao processo de alimentação.

O custo operacional para o processo de alimentação do rebanho teve nos insumos alimentares a seguinte representação: 47,55% (ração concentrada e demais nutriente), 33,99% (silagem de milho) e 3,75% (leite para amamentação). Somente o farelo de soja representou 26,09% do custo operacional deste processo. A adoção do farelo de soja como opção na suplementação animal torna-se dependente do mercado externo, que vem elevando o preço do produto em função da demanda, mas causando efeitos negativos para o produtor rural.

Em relação ao COT apurado neste sistema, o processo de alimentação do rebanho representou 70,65% e, em relação ao COE, a representação foi de 73,89%, pois, neste caso, foram desconsiderados os custos fixos do processo. Nos estudos realizados em quatro sistemas diferentes de produção de leite no município de Nazareno, MG, LOPES et al. (2011) encontraram custos de alimentação na ordem de 42,29%, 64,27%, 55,06% e 44,76% do custo operacional efetivo. O valor encontrado pelos autores está abaixo da média de 59% e 65%, apontada por CARVALHO et al. (2009), que descrevem que estas diferenças, em parte, ao não fornecimento de alimentação em quantidade e qualidade adequada. Segundo RENNÓ et al. (2008), a alimentação dos animais explorados em sistemas de produção de leite imprime grande influência sobre a lucratividade em propriedades rurais.

TABELA 3. Custo operacional na alimentação do rebanho. **Operating cost in feeding the flock.**

Alimentação do rebanho	Quantidade	Custo (R\$ ano⁻¹)	%
Custo variável			
Óleo diesel, L	11.581,68	22.005,18	3,94%
Reparos e manutenção (tratores)	325,83	7.055,57	1,26%
Energia elétrica (alojamento), kWh ⁻¹	10.061,24	2.817,15	0,50%
Mão de obra, horas	3.777,18	19.131,39	3,42%
Silagem de milho, kg	3.825.000,00	189.972,83	33,99%
Farelo de soja, kg	242.710,00	145.803,20	26,09%
Bionúcleo/sal mineral, kg	23.200,00	33.573,00	6,01%
Torta de algodão e casca moída, kg	58.005,00	25.293,15	4,53%
Ração concentrada, kg	3.075,00	5.371,35	0,96%
Farelo de polpa cítrica, kg	222.860,00	55.715,18	9,97%
Leite para amamentação, L	31.947,45	20.965,88	3,75%
Custo fixo			
Depreciação (máq. e equipamentos)	1,00	24.780,81	4,43%
Depreciação (construções)	1,00	6.432,83	1,15%
Custo operacional = CV+CF		558.917,52	100,00%

O custo operacional referente ao processo de sanidade animal (Tabela 4) teve sua maior representação nos antibióticos (35,85%), nos estimulantes (17,89%) e na mão de obra (17,06%), porém, quando comparado ao custo operacional efetivo deste sistema (COE), sua representação foi de apenas 6,18%, valor superior aos encontrados por LOPES et al. (2007 a) que foram de 4,71%, 3,69% e 3,09% do custo operacional efetivo. Este resultado, embora pouco representativo, é altamente positivo, pois está relacionado aos cuidados preventivos com a saúde dos animais. Segundo análises econômicas realizadas

por SOUZA JÚNIOR et al. (2008), a atividade leiteira indicou balanço negativo em virtude dos altos custos referentes a compras de medicamentos corretivos, constatando-se um manejo reprodutivo pouco eficiente, afetando não somente a produção de leite, mas também a venda de animais. A falta de mão de obra técnica qualificada, segundo os autores, também foi fator impactante na reprodução da espécie. Em relação ao COT apurado neste sistema, o processo de sanidade animal representou 5,57%.

TABELA 4. Custo operacional no processo de sanidade animal. **Operating cost in the processes of animal.**

Sanidade animal	Quantidade	Custo (R\$ ano⁻¹)	%
Custo variável			
Antibióticos, L	117,81	15.191,98	35,85%
Probióticos, L	33,28	830,07	1,96%
Ectoparasiticidas, L	176,18	2.470,58	5,83%
Endoparasiticidas, L	30,04	1.514,64	3,57%
Estimulantes, L	61,40	7.579,75	17,89%
Vacinas, L	2,03	1.231,12	2,91%
Medicamentos diversos, L	38,96	2.964,52	7,00%
Acessórios veterinários, kit	1,00	3.363,47	7,94%
Mão de obra, horas	896,00	7.231,13	17,06%
Custo operacional = CV		42.377,26	100,00%

O custo operacional referente ao processo de ordenha (Tabela 5) teve sua maior representação na mão de obra. Assim, percebe-se a necessidade de um melhor aproveitamento dos recursos humanos no sistema estudado, visando aumentar a produção diária de leite por mão de obra permanente e qualificada.

O custo variável em reparos e manutenção dos equipamentos na sala de ordenha também foi impactante (13,45%), além do custo fixo total de 16,07%. Em relação ao COT apurado neste sistema, o processo de ordenha representou 16,88%.

TABELA 5. Custo operacional no processo de ordenha. **Operating cost in the process of milking machine.**

Ordenha	Quantidade	Custo (R\$ ano⁻¹)	%
Custo variável			
Energia elétrica, kWh ⁻¹	44.556,27	12.475,75	9,71%
Reparos e manutenção (ordenha)	1,00	17.284,54	13,45%
Mão de obra, horas	17.470,00	78.089,96	60,77%
Custo fixo			
Depreciação (ordenha)	1,00	8.475,00	6,60%
Depreciação (construções)	1,00	12.178,06	9,48%
Custo operacional = CV+CF		128.503,31	100,00%

O custo operacional referente ao processo de manejo sanitário (Tabela 6) também teve o maior custo relacionado à mão de obra (60,56%). O sistema de confinamento em piquetes não possibilita a utilização de mecanização em todas as etapas, ficando carente do emprego de mão de obra em maior intensidade, a fim de promover a limpeza dos dejetos animais no curral de espera, área de alimentação e descanso, além da limpeza da sala de ordenha, lavagem do tanque de expansão e dos tratores agrícolas que, nesta pesquisa, também foram incorporados a este processo. A higienização do ambiente que circunda os animais é essencial para a sustentabilidade do biosistema e tem enorme contribuição na sanidade dos animais, inibindo a proliferação de doenças, reduzindo custos com tratamentos corretivos, promovendo um ambiente mais

harmonioso e gerando maior qualidade no produto final. Em relação ao COT apurado neste sistema, o processo de manejo sanitário representou apenas 2,08%, dada a sua enorme contribuição.

TABELA 6. Custo operacional no processo de manejo sanitário. **Operating cost in the process of waste management.**

Manejo sanitário	Quantidade	Custo (R\$ ano⁻¹)	%
Custo variável			
Óleo diesel, L	375,00	712,50	4,51%
Reparos e manutenção (tratores)	1,00	220,00	1,39%
Material de limpeza	1,00	3.830,00	24,23%
Energia elétrica, kWh ⁻¹	851,36	238,38	1,51%
Mão de obra, horas	2.162,00	9.571,88	60,56%
Custo fixo			
Depreciação (máq. e equipamentos)	1,00	1.098,75	6,95%
Depreciação (construções)	1,00	133,42	0,84%
Custo operacional = CV+CF		15.804,93	98,61%

O custo operacional referente ao processo de controle de produção, ou administração do sistema de produção de leite pesquisado (Tabela 7), teve na mão de obra a maior representação em custos (88,35%). Tal resultado é proveniente da contabilização de horas ociosas e outras atividades que não puderam ser relacionadas aos processos anteriores, tais como a manutenção das vias de acesso (estradas) com a utilização de tratores e a manutenção de outras benfeitorias. O custo em energia elétrica (7,96%) foi proveniente das instalações destinadas à moradia dos funcionários e o custo fixo foi relacionado à infraestrutura utilizada para serviços administrativos (escritório). Em relação ao

COT apurado neste sistema, o processo de controle de produção representou 4,17%.

TABELA 7. Custo operacional no processo de controle de produção. **Operating cost in the process of production control.**

Controle de produção	Quantidade	Custo (R\$ ano⁻¹)	%
Custo variável			
Óleo diesel, L	212,50	403,75	1,27%
Reparos e manutenção (tratores)	1,00	120,00	0,38%
Energia elétrica, kWh ⁻¹	9.040,00	2.531,20	7,96%
Mão de obra, horas	4.601,00	28.084,21	88,35%
Custo fixo			
Depreciação (máq. e equipamentos)	1,00	459,00	1,44%
Depreciação (construções)	1,00	189,77	0,60%
Custo operacional = CV+CF		31.787,94	100,00%

Os resultados econômicos obtidos pelos processos descritos neste presente trabalho foram, então, comparados com os resultados energéticos obtidos por RAMOS et al. (2012), referentes aos mesmos processos relacionados ao sistema de produção pesquisado. Na Figura 1 demonstra-se o comportamento dos processos produtivos por meio das variações econômicas e energéticas dentro de um mesmo sistema, dividindo-se o custo financeiro (R\$ ano⁻¹) pelo custo energético (MJ ano⁻¹). Assim, foi estabelecido um valor financeiro para cada MJ de energia consumida pelos processos produtivos, sendo o processo de plantio de milho para silagem adicionado ao processo de alimentação.

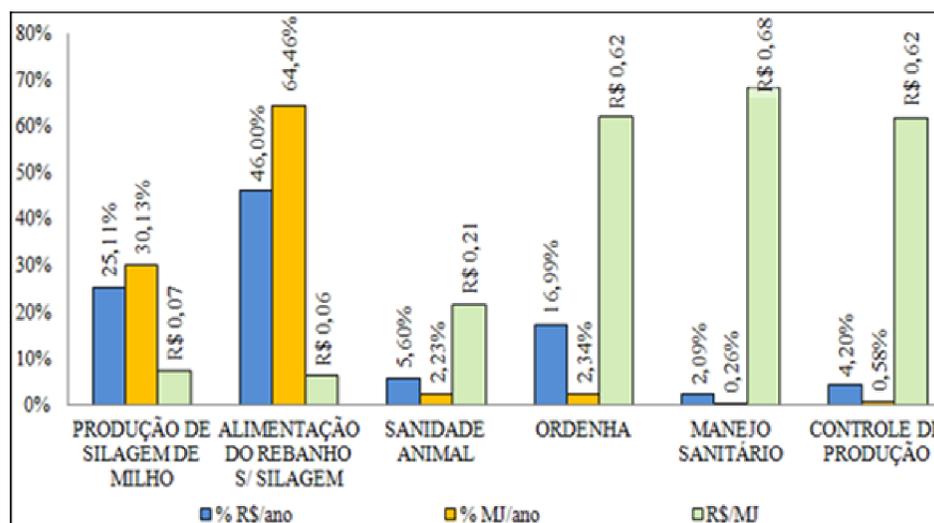


Figura 1. Participação dos processos na matriz econômica e energética do sistema de produção de leite (%). **Participation in the array of processes of economic and energy system of milk production (%).**

Nota-se que o processo de produção de silagem de milho foi o que apresentou maior similaridade entre custos relativos financeiros e energéticos. Esta similaridade também foi observada por COSTA & BUENO (2010), que atribuíram esta equivalência ao uso de fertilizantes químicos como sendo os maiores causadores dos dispêndios econômicos e energéticos.

O processo que envolve a alimentação do rebanho tem menor equivalência devido ao alto índice energético oriundo da complementação alimentar introduzida pelo farelo de soja, torta de algodão e casca moída.

Os demais processos não apresentarem comportamento semelhante, sendo o custo financeiro relativo muito superior ao custo energético. Percebe-se também que o custo absoluto por MJ de energia não tem nenhuma similaridade entre os processos, pois variou de R\$ 0,06 a R\$ 0,68. Assim, a análise energética em um sistema de produção de leite poderá ser vista como indicador financeiro, desde que seja considerada por processos e não para todo o sistema, haja vista

que a produção de silagem de milho e de alimentação do rebanho, que possuem maiores similaridades, representou 71,12% dos custos econômicos e 94,59% dos custos energéticos.

Na Figura 2 apresentam-se, em escala decrescente, os principais componentes dos custos variáveis (%R\$ ano⁻¹) e sua participação no custo operacional efetivo sem impostos (COE) do sistema de produção de leite em 2011.

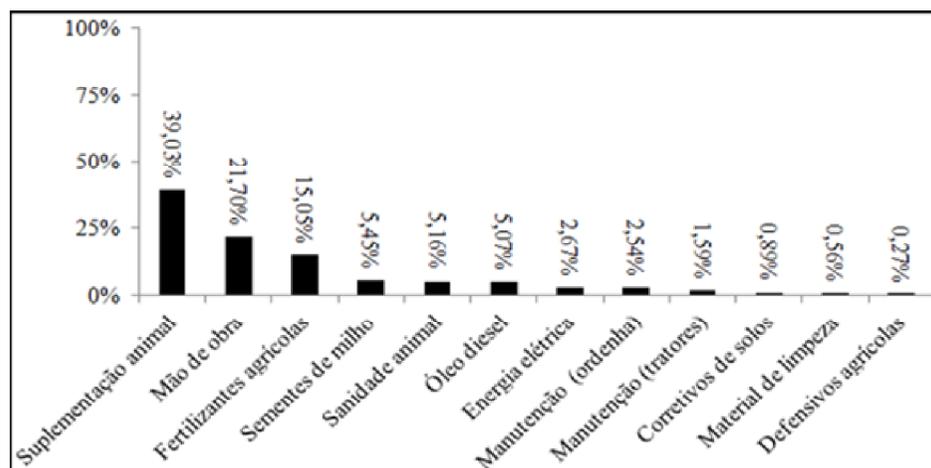


Figura 2. Principais componentes de custo variável do sistema de produção de leite (%MJ ano⁻¹). **Major components of the system variable cost intensive milk production (%MJ year⁻¹).**

Percebe-se que a suplementação alimentar apresenta o mais alto custo variável. RENNÓ et al. (2008) comprovaram, por meio de várias estratégias de alimentação, que o custo de ração concentrada aumenta com o nível de produção. Assim, para melhorar a produtividade por vaca em lactação, o produtor pode utilizar técnicas combinadas de alimentação (silagem de milho ou outras pastagens), resultando em menor custo de concentrado por lactação.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o sistema de produção de leite pesquisado, embora tenha apresentado uma margem líquida positiva, necessita buscar fontes alternativas de alimentos, a fim de reduzir os custos com alimentação concentrada e volumosa.

O sistema pesquisado tem potencial para aumentar a produção diária de leite por mão de obra permanente e qualificada, obtendo-se um melhor aproveitamento de todos os recursos empregados nos processos.

A energia consumida em menores escalas apresentou maior custo financeiro quando comparada à energia consumida em maiores escalas, demonstrando que o custo da energia tende a ser inversamente proporcional ao custo financeiro.

REFERÊNCIAS

Balastreire, L.A. *Máquinas agrícolas*. São Paulo: Manole, 1987. 307 p.

CARVALHO, F. de M.; RAMOS, O.E.; LOPES, M.A. Análise comparativa dos custos de produção de duas propriedades leiteiras no município de Unai, MG, no período de 2003 e 2004. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 33, p. 1705-1711, 2009. Edição especial.

CAMPOS, A.T.; SAGLIETTI, J.R.C.; CAMPOS, A.T. de; BUENO, O. de C.; RESENDE, H.; GASPARINO, E.; KLOSOWSKIS, E.S. Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 667-672, jul./ago. 2003.

CORTEZ, J.W.; FURLANI, C.A.; SILVA, R.P. da. Sistemas de adubação e consórcio de culturas intercalares e seus efeitos nas variáveis de colheita da cultura do milho. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.2, p.277-287, abr./jun. 2009.

COSTA, Z. da; BUENO, O. de. Análise das eficiências energética e econômica da produção de leite bovino em explorações familiares na região de Botucatu, estado de São Paulo. *Revista de Economia Agrícola*, São Paulo, v. 57, n. 2, p. 37-48, jul./dez. 2010.

Hoji, M. *Administração financeira: uma abordagem prática*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 527 p.

LOPES, M.A.; LIMA, A.L.R.; CARVALHO, F. de M.; REIS, R.P.; SANTOS, I.C.; SARAIVA, F.H. Efeito do tipo de mão-de-obra nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG): um estudo multicasos. *Revista Ceres*, Viçosa. v. 54, n. 312, p. 173-182, mar./abr. 2007a.

LOPES, M.A.; CARDOSO, M.G.; CARVALHO, F. de M.; LIMA, A.L.R.; DIAS, A.S.; CARMO, E.A do. Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG) nos anos de 2004 e 2005. *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, n. 3, p. 359-371, jul./set. 2007b.

LOPES, M.A.; CARDOSO, M.G.; CARVALHO, F. de M.; DIAS, A.S.; CARMOS, E.A. Resultados econômicos da atividade leiteira na região de Lavras (MG) nos anos 2004 e 2005: um estudo multicasos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 60, n. 2, p. 428-435. 2008.

LOPES, M.A.; SANTOS, G. dos. RESENDE, M.C.; CARVALHO, F. de M.; CARDOSO, M.G. Estudos da rentabilidade de sistemas de produção de leite no município de Nazareno, MG. *Ciência Animal Brasileira*, Goiânia, v. 12, n. 1, p. 58-69, jan./mar. 2011.

MILANI, A.P.; SOUZA, F.A de. Granjas leiteiras na região de Ribeirão Preto-SP. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.30, n.4, p.742-752, jul./ago. 2010.
Nascimento, A.M. *Curso de direito do trabalho: história e teoria geral do direito do trabalho: relações individuais e coletivas do trabalho*. 24. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Saraiva, 2009. 1415p.

RAMOS, M.C.; CAMPOS, A.T.; SILVA, K.C.P.; YANAGI JÚNIOR, T. Sustentabilidade na produção de leite: Balanço energético em sistema intensivo de produção com visão focada nos processos. *Engenharia Agrícola*, jul. 2012 (no prelo).

RENNÓ, F.P.; PEREIRA, J.C.; LEITE, C.A.M.; RODRIGUES, M.T.; CAMPOS, OF de; FONSECA, D.M. da; RENNO, L.N. Eficiência bioeconômica de estratégias de alimentação em sistemas de produção de leite: produção por animal e por área. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 743-753, jul./ago. 2008.

SEKI, A.S.; BENEZ, S.H.; SILVA, P.R.A.; YANO, S.E.H.; MELLO, L.M.M. Demanda energética nas operações mecanizadas na silagem de milho no sistema de "silo bag". *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.3, p. 424-430, jul./set. 2009.

SIMÕES, A.R.P.; SILVA, R.M da; OLIVEIRA, M.V.M. de; CRISTALDO, R.O.; BRITO, M.C.B. Avaliação econômica de três diferentes sistemas de produção de leite na região do Alto Pantanal Sul-mato-grossense. *Revista Agrarian*, Dourados, v. 2, n. 5, p. 153-167. 2009.

SOUZA JÚNIOR, S.C. de; MORAIS, D.A.E.F.; FARIA, R.A. de; OLIVEIRA, S.M.P. de; SANTOS, D.O.; NETO, P.C. de O. Análise econômica da produção anual de leite bovino em uma fazenda comercial no município de Baraúna, RN. *Acta Veterinaria Brasilica*, Mossoró, v. 2, n. 4, p. 131-139. 2008.

SOUZA, S.R.L. de; NÄÄS, I. de A.; MOURA, D.J. de. Análise de imagens para a caracterização das atividades de vacas leiteiras dentro do galpão de confinamento. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 31, n.6, p. 1036-1043, nov./dez. 2011.