

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV) DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA  
FAMILIAR EM UNAÍ-MG: RESULTADOS ECONÔMICOS E  
IMPACTOS AMBIENTAIS**

**José Humberto Valadares Xavier**

Orientador: Armando de Azevedo Caldeira-Pires

Dissertação de Mestrado

Brasília-DF: dezembro / 2003

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV) DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA FAMILIAR  
EM UNAÍ-MG: RESULTADOS ECONÔMICOS E IMPACTOS AMBIENTAIS**

**José Humberto Valadares Xavier**

Dissertação de Mestrado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Mestre em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão de C&T, opção Profissionalizante.

Aprovado por:

---

Armando de Azevedo Caldeira Pires, Dr. (Universidade de Brasília – CDS)  
(Orientador)

---

José Aroudo Mota, Dr. (Universidade Brasília – CDS)  
(Examinador Interno)

---

Maria Cristina Bastos Oliveira, Dr<sup>a</sup>. (EMBRAPA)  
(Examinador Externo)

Brasília-DF, 12 de dezembro de 2003

XAVIER, JOSÉ HUMBERTO VALADARES

Análise de ciclo de vida (ACV) da produção agrícola familiar em Unaí-MG: resultados econômicos e impactos ambientais, 149 p., 297 mm, (UnB-CDS, Mestre, Política e Gestão de C&T, 2003).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

- |   |                      |
|---|----------------------|
| 1. Agricultura familiar                       | 2. Impacto ambiental |
| 3. Análise do Ciclo de Vida de Produtos (ACV) | 4. Socioeconomia     |

I. UnB-CDS

II. Título (série)

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

José Humberto Valadares Xavier

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por me dar força nas horas difíceis.

Aos meus pais, Humberto e Emília, que me proporcionaram o essencial: amor, apoio e a oportunidade de estudar.

À minha irmã, Wania, que, mesmo de longe, esteve sempre presente, torcendo por mim.

À minha companheira Licéia, que é parte deste trabalho, pois sempre me deu o apoio e o carinho para vencer os momentos de angústia.

Ao meu orientador, Dr. Armando Caldeira-Pires, pela maneira tranqüila como administrou minha ansiedade e soube me direcionar nos momentos em que me perdi.

A Embrapa, de maneira especial a Embrapa Cerrados, na pessoa do Dr. Carlos Magno Campos da Rocha, pela oportunidade e apoio na realização deste trabalho.

Ao colega da Embrapa Cerrados e, antes de tudo, grande amigo, José Luiz Fernandes Zoby, pelo estímulo constante ao meu crescimento pessoal e profissional. Este mestrado é um exemplo disso.

Ao também colega e amigo da Embrapa Cerrados, Marcelo Leite Gastal, que é um entusiasta da agricultura familiar, pelas discussões sobre o tema, tão importantes para este trabalho.

Aos companheiros do Grupo de Trabalho de Apoio à Reforma Agrária da UnB (Mônica, Catarina, Michelle, Elisângela, Webson, Adriana, Cláudia e Maria Inês), pelas informações, pelo cafezinho e, principalmente, pela amizade.

Aos amigos Roberto (Betão), Edson (Bancário) e Sérgio, pelos momentos de descontração na MR-Autopeças.

Aos “colegas” da secretaria do CDS (Ana Paula, Shirleide, D. Maria, Antônio e Willian), pelas resoluções rápidas dos assuntos burocráticos e pela amizade.

Ao estudante de Eng. Mecânica, Ricardo da Silva Ribeiro, pela ajuda no manejo do programa SIMAPRO.

Aos agricultores familiares, de maneira especial, aos dos Projetos Silvânia e Unaí, pela generosidade demonstrada ao dividir o seu conhecimento comigo.

A Maria Helena e a Rosângela (Embrapa Cerrados) pelo auxílio bibliotecário e gramatical.

Aos colegas da Área de Transferência de Tecnologias da Embrapa Cerrados, de maneira especial, aos amigos Sombra e Jonas, que sempre me apoiaram na realização deste mestrado.

À professora Iara Altafin, pelo apoio quando este mestrado era só uma idéia.

A todas as outras pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Adequar-se aos princípios do desenvolvimento sustentável (viabilidade econômica, prudência ecológica e inclusão social) é, atualmente, o grande desafio das instituições de apoio ao desenvolvimento. No caso de instituições de pesquisa agropecuária, como a EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), esse desafio pode ser traduzido na busca por desenvolver tecnologias que garantam rentabilidade econômica aos estabelecimentos rurais ao mesmo tempo em que reduzem os impactos ambientais. Nesse contexto, foi desenvolvido um trabalho de determinação dos resultados econômicos e dos impactos ambientais de quatro sistemas de produção de agricultura familiar no Município de Unai-MG, com o objetivo de analisar a relação existente entre eles. O estudo articulou-se em torno de uma rede de estabelecimentos de referência, representativa da realidade socioeconômica e agroecológica de assentamentos de reforma agrária do município. Os impactos ambientais foram analisados utilizando a metodologia de Análise do Ciclo de Vida de Produtos (ACV). Neste estudo, evidenciou-se que os sistemas mais intensivos no uso de insumos (fertilizantes e rações) alcançam maiores resultados econômicos, mas também causam maior impacto ambiental. A incorporação de ferramentas como a rede de estabelecimentos de referência e a ACV aos projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Embrapa ou de outras instituições de pesquisa agropecuária pode auxiliar na superação do desafio de gerar uma exploração agrícola mais ajustada aos princípios do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave:

Agricultura familiar, impacto ambiental, resultados econômicos, Análise de Ciclo de Vida (ACV).

## ABSTRACT

To cope with the principles of the sustainable development (economical viability, ecological prudence and social inclusion) it is, nowadays, the great challenge of the support institutions to the development. In the case of agricultural research institutions like EMBRAPA (Brazilian Corporation of Agricultural Research), that challenge can be translated in the search for developing technologies that guarantee economical profitability to rural establishments at the same time they reduce environmental impacts. In that context, it was developed assessment of the economical results and environmental impacts of four production systems of family agriculture in the municipal district of Unaí-MG, aiming at analysing the relationship between them. The study was based around a net of reference establishments, representative of the socioeconomic, agricultural and ecologic reality of establishments of land reform of the municipal district. The environmental impacts were analyzed using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology. The study evidenced that the most intensive systems in the use of inputs (fertilizers and rations) reach larger economical results, but also cause larger environmental impact. The incorporation of tools as the net of reference establishments and LCA to the Embrapa's Research and Development (R&D) projects, or of other institutions of agricultural research, can help winning the challenge of generating a more adjusted agricultural exploration to principles of the sustainable development.

Keywords:

Family agriculture, environmental impact, economical results, Life Cycle Assessment (LCA).

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS E QUADROS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>INTRODUÇÃO</b>	17
<b>1 REFERENCIAL CONCEITUAL E METODOLÓGICO</b>	27
1.1 SISTEMAS DE PRODUÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR	27
1.2 CONCEITOS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)	37
1.2.1 Definição do objetivo e do âmbito (escopo) do estudo de ACV	43
1.2.2 Inventário dos processos envolvidos, com enumeração das entradas e saídas do sistema	45
1.2.3 Determinação dos impactos ambientais associados às entradas e às saídas do sistema	48
1.2.4 Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação, considerando os objetivos do estudo	50
1.3 A APLICAÇÃO DA ACV NA AGRICULTURA	51
<b>2 CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO SOCIOECONÔMICO E INSTITUCIONAL</b>	62
2.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE UNAÍ	63
2.2 O PROJETO UNAÍ	72
2.2.1 Caracterização da variabilidade do meio socioeconômico e agroecológico dos assentamentos trabalhados	77
2.2.2 A implantação da rede de estabelecimentos de referência: escolha dos estabelecimentos	80
2.2.3 O método de acompanhamento dos estabelecimentos	81
2.3 CARACTERIZAÇÃO DO ASSENTAMENTO ESTUDADO	83
<b>3 MÉTODO DE ANÁLISE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO: INDICADORES DE RESULTADOS ECONÔMICOS E APLICAÇÃO DA ACV</b>	88
3.1 INDICADORES DE RESULTADOS ECONÔMICOS	88
3.2 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ACV	91
3.2.1 Definição do objetivo e do âmbito (escopo) da análise	91

3.2.2	Definição do indicador de impacto ambiental .....	104
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>114</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO GRAU DE INTENSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	114
4.2	RESULTADOS ECONÔMICOS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	121
4.3	IMPACTOS AMBIENTAIS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO E SUA RELAÇÃO COM OS RESULTADOS ECONÔMICOS .....	125
4.3.1	Considerações sobre a aplicação da metodologia de ACV .....	137
	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>141</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>144</b>

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 –	Principais fases associadas ao ciclo de vida de um produto .....	40
FIGURA 1.2 –	Fases da metodologia de ACV .....	42
FIGURA 1.3 –	Representação esquemática da caracterização dos impactos ambientais .....	49
FIGURA 1.4 –	Ciclo de vida da produção agrícola .....	56
FIGURA 1.5 –	Ciclo de vida da produção de leite de fazendas convencionais e orgânicas na Suécia .....	58
FIGURA 1.6 –	Perfil ambiental e categorias selecionadas de impactos ambientais de três tipos de sistemas de produção na região de Allgäu – Alemanha ...	60
FIGURA 2.1 –	Mapa de solos do município de Unaí, escala 1:5.000.000 .....	65
FIGURA 2.2 –	Número de estabelecimentos com pecuária como atividade econômica e total de estabelecimentos agropecuários por grupos de área total do Município de Unaí-MG no ano de 1996 .....	69
FIGURA 2.3 –	Produção de leite, produtividade e número de vacas ordenhadas do Município de Unaí-MG no período de 1997 a 2001 .....	70
FIGURA 2.4 –	Representação esquemática das fases do enfoque de P&D e da metodologia utilizada pelo Projeto Unaí .....	75
FIGURA 2.5 –	Distribuição percentual dos tipos de sistemas de produção identificados em três assentamentos de Unaí-MG e na rede de estabelecimentos de referência do Projeto Unaí .....	81
FIGURA 2.6 –	Localização do assentamento estudado .....	83
FIGURA 2.7 –	Representação esquemática de toposseqüência com os principais tipos de solos encontrados no assentamento Santa Clara Furadinho e sua utilização .....	84
FIGURA 2.8 –	Distribuição percentual do destino da produção de milho dos assentados entrevistados no assentamento Santa Clara Furadinho.....	86
FIGURA 3.1 –	Insumos/produtos e serviços ( <b>inputs</b> ) utilizados e relações entre os componentes de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	95

FIGURA 3.2 –	Representação esquemática dos limites do estudo e dos fluxos considerados na análise dos potenciais impactos ambientais dos sistemas de produção .....	101
FIGURA 3.3 –	Árvore de fluxos de um sistema de produção .....	103
FIGURA 3.4 –	Estágios básicos para o cálculo do Eco-indicador 99 .....	106
FIGURA 3.5 –	Tipologia de estilos de vida distinguida pela teoria cultural .....	112
FIGURA 3.6 –	Representação geral da metodologia do Eco-indicador 99 .....	113
FIGURA 4.1 –	Impactos ambientais (categorias de danos) e valor do Eco-indicador 99 de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	127
FIGURA 4.2 –	Ciclo de vida pecuária do sistema de produção S04 no período out. 2002 a jun. 2003, utilizando matriz energética conforme bases do programa SIMAPRO .....	138
FIGURA 4.3 –	Ciclo de vida pecuária do sistema de produção S04 no período out. 2002 a jun. 2003, utilizando energia de hidrelétricas .....	139

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 –	Principais fontes de emissão de metano na agropecuária e quantidades emitidas no Brasil em 1994 .....	52
TABELA 2.1 –	Distância entre Unaí-MG, os principais centros nacionais e outros pólos regionais .....	64
TABELA 2.2 –	Correspondência entre as classes de solos definidas com base na antiga e na atual classificação brasileira de solos .....	64
TABELA 2.3 –	Evolução do PIB total e por setor de atividade (%) do Município de Unaí-MG no período de 1985 a 1996, a preços constantes de 1996 ....	67
TABELA 2.4 –	Principais produtos agrícolas do Município de Unaí-MG, em termos de produção e área colhida nos anos 2000, 2001 e 2002 .....	68
TABELA 2.5 –	Principais rebanhos (número de cabeças) do Município de Unaí-MG .	68
TABELA 2.6 –	Distribuição percentual da estrutura fundiária do Município de Unaí-MG .....	71
TABELA 2.7 –	Assentamentos/acampamentos rurais no Município de Unaí-MG no ano de 2001 .....	72
TABELA 2.8 –	Distribuição dos tipos de sistemas de produção em função dos assentamentos .....	80
TABELA 2.9 –	Distribuição dos tipos de sistemas de produção na rede de estabelecimentos de referência do Projeto Unaí .....	80
TABELA 2.10 –	Principais características químicas e físicas dos solos das fases de uma toposseqüência no assentamento Santa Clara Furadinho .....	85
TABELA 2.11 –	Tipos de sistema de produção identificados no assentamento Santa Clara Furadinho e sua distribuição percentual no ano de 2002 .....	87
TABELA 3.1 –	Equivalente em Unidade de Trabalho Homem (UTH) em função do sexo e categorias de idade dos componentes da família .....	90
TABELA 3.2 –	Composição da renda bruta de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003, a preços de out. 2002 .....	93

TABELA 3.3 –	Composição da Unidade Funcional de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	93
TABELA 3.4 –	Quantidade, valor e participação percentual dos insumos/produtos na formação da Unidade Funcional de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	98
TABELA 3.5 –	Consumo de óleo diesel por hectare para diversas operações de campo .....	100
TABELA 3.6 –	Ponderações utilizadas nas três versões do Eco-indicador 99 .....	112
TABELA 4.1 –	Distribuição das terras de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	115
TABELA 4.2 –	Características da pecuária de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	116
TABELA 4.3 –	Itinerários técnicos do cultivo de milho em três sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	117
TABELA 4.4 –	Produtividade dos cultivos de arroz e milho do Município de Unaí-MG no período de 1990 a 2001 .....	118
TABELA 4.5 –	Itinerários técnicos do cultivo de arroz em dois sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	119
TABELA 4.6 –	Características do núcleo familiar, distribuição da mão-de-obra da família e gastos familiares em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	120
TABELA 4.7 –	Estrutura dos ingressos da produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	122

TABELA 4.8 –	Estrutura dos gastos da produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	123
TABELA 4.9 –	Valores médios de produtos, insumos e serviços empregados no processo de produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	124
TABELA 4.10 –	Resultados econômicos de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	125
TABELA 4.11 –	Composição percentual da Unidade Funcional (R\$ 1.000,00 de renda bruta) de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	126
TABELA 4.12 –	Valores do Eco-indicador 99 (categorias de impacto) de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	128
TABELA 4.13 –	Valores do Eco-indicador 99 dos ciclos (componentes) de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.....	129
TABELA 4.14 –	Valores do Eco-indicador 99 dos componentes do ciclo milho em três sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	131
TABELA 4.15 –	Estrutura de gastos para produção de um hectare de milho em três sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	131
TABELA 4.16 –	Valores do Eco-indicador 99 dos componentes do ciclo pecuária em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	132
TABELA 4.17 –	Participação percentual dos produtos da pecuária na composição da Unidade Funcional, produtividade do rebanho, tamanho do rebanho e UAs necessárias à composição da Unidade Funcional de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun 2003 .....	133

TABELA 4.18 – Resultados econômicos, impactos ambientais e sua relação em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003 .....	135
TABELA 4.19 – Resultados econômicos, impactos ambientais e sua relação em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003, em duas situações de matriz energética	140

## **LISTA DE QUADROS**

QUADRO 1.1 – Categorias de impactos ambientais relacionadas a estudos de ACV ....	49
QUADRO 1.2 – Estudos de ACV relacionados à produção agrícola .....	51
QUADRO 1.3 – Categorias de impacto e indicadores selecionados na aplicação de ACV na região de Allgäu – Alemanha .....	59
QUADRO 2.1 – Tipologia de sistemas de produção de três assentamentos de reforma agrária do Município de Unaí-MG e variáveis utilizadas .....	79
QUADRO 3.1 – Ingressos e gastos variáveis considerados no cálculo do Benefício da Produção (BP) .....	89

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ACV	Análise do Ciclo de Vida de Produto
Al	Alumínio
Ambitec-Agro	Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária
BP	Benefício da Produção
BP/IA	Eco-eficiência: relação entre Benefício da Produção e impacto ambiental
Ca+Mg	Cálcio e Magnésio
CAPUL	Cooperativa Agropecuária de Unaí – Ltda
CEBs	Comunidades Eclesiais de Base
CFC	Cloro Flúor Carbono
CH <sub>4</sub>	Metano
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CORA	Comissão Estadual de Reforma Agrária do Estado de Minas Gerais
CVP	Ciclo de Vida do Produto
DALY	Disability Adjusted Life Years
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
EMATER-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
Gg	Gigagrama
GTRA/DEX	Grupo de Trabalho de Apoio a Reforma Agrária/Decanato de Extensão
ha	Hectare (10.000 m <sup>2</sup> )
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGP-DI	Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INCRA-SR28	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – Superintendência Regional 28
ISO	International Standardization Organization
K	Potássio
K <sub>2</sub> O	Potássio
LCA	Life Cycle Assessment

Meq./100g	Miliequivalentes por cem gramas
MJ	Mega Joule
N	Nitrogênio
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
NH <sub>3</sub>	Amônia
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrogênio
P	Fósforo
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fósforo (Pentóxido de Fósforo)
PA	Projeto de Assentamento
PAF	Potentially Affected Fraction
PDF	Potentially Disappeared Fraction
PEP	Planejamento Estratégico Participativo
pH	Potencial hidrogeniônico
PIB	Produto Interno Bruto
PO <sub>4</sub>	Fosfato
POO	Probability Of Occurrence
PROCERA	Programa de Crédito Especial para Reforma Agrária
PRONAF	Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar
R&D	Research and Development
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SETAC	Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SO <sub>x</sub>	Óxidos de Enxofre
SPOLD	The Society for the Promotion of Life Cycle Assessment Development
STR	Sindicato dos Trabalhadores Rurais
UA	Unidade Animal
UnB	Universidade de Brasília
UTH	Unidade de Trabalho Homem
VBP	Valor Bruto da Produção
WBCSD	World Business Council For Sustainable Development

## INTRODUÇÃO

Esta dissertação é resultado da capacitação no mestrado profissionalizante em Política e Gestão de Ciência e Tecnologia. Dessa forma, propõe-se discutir o processo de produção da agricultura familiar, inserido, de maneira geral, na pesquisa agropecuária e, de maneira específica, no contexto institucional da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

A partir da década de 1960, a agricultura dos países latino-americanos passou a sofrer forte influência da chamada “Revolução Verde”, fundada basicamente sobre princípios de aumento de produtividade, tendo como base a utilização intensiva de insumos químicos (adubos, agrotóxicos, etc), mecanização, sementes melhoradas geneticamente e irrigação (ALMEIDA, 1998).

A viabilização desse modelo esteve diretamente relacionada à montagem de uma estrutura caracterizada por quatro elementos: pesquisa tecnológica, indústria de insumos e máquinas, programas de crédito e serviço de extensão rural. Esses elementos caracterizaram o processo de modernização da agricultura brasileira. A Embrapa foi criada nesse contexto, em sete de dezembro de 1972, pela Lei nº 5.581.

Segundo Flores (1991), no início dos anos 1970, havia a necessidade de modernização do processo produtivo no campo, com o objetivo de atender às novas exigências da economia e da sociedade. Dessa forma, o suporte tecnológico era entendido, ao lado do crédito, como um dos vetores que deveriam ser acionados para atingir esse objetivo. Para esse autor, é inegável que os investimentos feitos em pesquisa agropecuária traduziram-se em resultados e ganhos tecnológicos já incorporados pelo setor agropecuário nacional.

No entanto, apesar da riqueza gerada, esse modelo teve como conseqüência não somente sérios problemas ambientais, mas também problemas de ordem econômica e social. A reflexão sobre esses problemas está inserida num debate maior acerca da crise dos modelos de desenvolvimento experimentados desde o começo do século XX. Um dos resultados desse debate foi o fortalecimento do conceito de desenvolvimento sustentável que, segundo Pires (1998), tem suas origens na conscientização de que os recursos naturais não são infinitos e que o futuro do desenvolvimento é limitado pelas fragilidades ecológicas. Atualmente, os

princípios do desenvolvimento sustentável, inclusão social, prudência ecológica e viabilidade econômica (Sachs, 2000), norteiam as reflexões sobre o desenvolvimento e influenciam os mais diversos segmentos da sociedade.

Os debates sobre desenvolvimento sustentável e outros temas, tais como, a globalização da economia com abertura de mercado, a importância do meio ambiente, a reforma do Estado, a força do consumidor, entre outros, passaram a ter forte influência na definição das políticas e diretrizes da Embrapa, a partir da década de 1990.

Como resultado dessas reflexões, merece destaque o processo de inovação da gestão da empresa, incorporando conceitos e ferramentas, tais como, o planejamento estratégico, o modelo de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), os princípios de gestão pela qualidade total e o conceito de articulação institucional pela parceria.

O conceito de desenvolvimento sustentável foi incorporado à missão da Embrapa: “viabilizar soluções tecnológicas para o desenvolvimento sustentável do agronegócio brasileiro por meio de geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias, em benefício da sociedade” (EMBRAPA, 1998, p. 17). Sua inclusão na missão desdobrou-se nos objetivos estratégicos e nas políticas da empresa.

Do ponto de vista da pesquisa, a Embrapa definiu sua política baseada no enfoque de P&D, que visa a atender a premissa de resposta às demandas do mercado e aumento da probabilidade de adoção das tecnologias geradas. Nesse caso, o mercado é encarado como o espaço social e cultural para a realização de relações econômicas dos mais diferentes tipos de produtos, processos e serviços produzidos, transformados e consumidos pelos diferentes segmentos sociais (EMBRAPA, 1993).

Associado ao mercado, incorporou-se também a idéia de cadeia produtiva, com o intuito de focar a pesquisa não apenas no processo produtivo, mas também nas relações entre os fornecedores de insumos, a fazenda, a agroindústria e a comercialização, indo até o mercado consumidor de um determinado produto (CAMPOS et al., 1994)

O processo de P&D em agropecuária foi estruturado num modelo circular e interativo que compreende quatro fases (EMBRAPA, 1993):

- a) Identificação das demandas, seleção dos problemas prioritários, geração de idéias, avaliação e análise ambiental, socioeconômica e de mercado.
- b) Pesquisa e desenvolvimento de processos, produtos e serviços (execução dos projetos de P&D).
- c) Teste e adaptação dos “protótipos” em condições do sistema produtivo.
- d) Transferência e adoção de tecnologias, produtos e serviços competitivos e acabados.

A adoção desse enfoque necessitava que fossem considerados aspectos políticos, sociais, econômicos, ambientais e técnicos, entre outros. Dessa forma, o enfoque sistêmico, que já era preconizado desde a criação da Embrapa, também era muito importante para o enfoque de P&D (EMBRAPA, 1993).

É importante esclarecer que esse processo não foi estruturado para ser conduzido exclusivamente pelos agentes de pesquisa. Ao contrário, foi prevista a necessidade de articulação com um amplo conjunto de atores inseridos no agronegócio\*.

Posteriormente, na política de Pesquisa e Desenvolvimento, definiu-se P&D como:

o conjunto de ações que envolve a geração de conhecimentos e a transformação dos conhecimentos e a adaptação de tecnologias já existentes em novas tecnologias, na forma de produtos e processos acabados que atendam às necessidades do mercado (EMBRAPA, 1999a, p. 18).

Segundo essa política, a noção de produtos e processos acabados inclui necessariamente, entre outros aspectos, que eles sejam comprovadamente seguros para a sociedade e o meio ambiente. Para isso, as tecnologias precisam ser validadas nos diferentes sistemas de produção e em diferentes condições agroecológicas. Segundo Radulovich e Karremans (1993), a validação de tecnologias em sistemas agrícolas consiste numa avaliação biofísica e socioeconômica relacionada aos possíveis benefícios e ao potencial de adoção e transferência de tecnologias, que se realiza em um contexto real.

---

\* “O conceito de agronegócio engloba os fornecedores de bens e serviços à agricultura, os produtores agrícolas, os processadores, os transformadores e os distribuidores envolvidos na geração e no fluxo dos produtos agrícolas até o consumidor final. Participam também do agronegócio os agentes que coordenam o fluxo dos produtos, tais como o governo, os mercados, as entidades comerciais, financeiras e de serviços” (EMBRAPA, 1998, p. 17).

Nesse mesmo processo de reflexão, incorporou-se a noção de que ações específicas de pesquisa, desenvolvimento e transferência de tecnologias deveriam ser dirigidas à pequena agricultura. Segundo Flores e Silva (1992)\*, era necessário executar programas que permitissem organizar, capacitar e capitalizar os pequenos produtores para que eles pudessem entrar no “circuito de mercado”. Dessa maneira, eles teriam condições de participar do “circuito tecnológico” para contribuir mais no processo produtivo, beneficiar-se dele, promoverem-se à condição de classe média rural e avançar em direção à cidadania plena.

Como resultado, criou-se o Programa de Pesquisa em Sistemas de Produção da Agricultura Familiar, incorporado ao Plano Diretor da Embrapa 1994-1998. Segundo esse programa, a pequena agricultura familiar não havia sido devidamente contemplada pelas políticas governamentais, inclusive pela pesquisa, o que tornava necessário o conhecimento dos seus sistemas de produção, incluindo, seus recursos e sua racionalidade, para que, a partir deles, pudessem ser geradas respostas efetivas às suas necessidades (EMBRAPA, 1994).

Essas reflexões acarretaram mudanças conceituais e institucionais, incorporadas no planejamento estratégico da empresa. No Plano Diretor 1999-2003, destacou-se que para o cumprimento da missão institucional a Embrapa desenvolveria ações de modo a atingir os seguintes objetivos estratégicos (EMBRAPA, 1998):

- a) Viabilizar soluções tecnológicas para o desenvolvimento de um agronegócio competitivo em uma economia global.
- b) Viabilizar soluções tecnológicas para o agronegócio, que promovam a sustentabilidade das atividades econômicas com equilíbrio ambiental.
- c) Viabilizar soluções tecnológicas que contribuam para diminuir os desequilíbrios sociais. Nesse objetivo, a melhoria do desempenho de sistemas de produção de agricultura familiar, visando a sua sustentabilidade econômica e ecológica, foi colocada como uma das atividades específicas a serem desenvolvidas.
- d) Viabilizar soluções tecnológicas para fornecimento de matérias-primas e alimentos que promovam a saúde e a melhoria do nível nutricional e da qualidade de vida da população.

---

\* Ressalta-se que os autores eram, na época, respectivamente, o Presidente da Embrapa e o Chefe da Secretaria de Administração Estratégica.

Relacionados a esses objetivos e considerando que o atual desafio da pesquisa agropecuária é adequar-se ao conceito de desenvolvimento sustentável, inovando as metodologias e ferramentas de pesquisa, visando a produzir uma exploração agrícola ajustada aos seus princípios, dois temas são extremamente importantes no contexto desta dissertação: a viabilização da agricultura familiar e o desenvolvimento de ferramentas de análise de impacto ambiental dos sistemas de produção agrícola.

No caso da agricultura familiar, cresce a noção de sua importância e de seu papel no desenvolvimento. A agricultura familiar brasileira, ocupando apenas 30,5% da área total dos estabelecimentos e contando somente com 25% do financiamento total, é responsável por 37,9% de toda a produção nacional. O percentual do Valor Bruto da Produção (VBP) obtido pela agricultura familiar, quando consideradas algumas atividades, demonstra sua importância no que se refere aos produtos destinados ao mercado interno e também à exportação. Os agricultores familiares produzem 24% do VBP total da pecuária de corte; 52% da pecuária de leite; 58% dos suínos; e 40% das aves e ovos. Em relação a algumas culturas temporárias e permanentes, a agricultura familiar produz 33% do algodão; 31% do arroz; 72% da cebola; 67% do feijão; 97% do fumo; 84% da mandioca; 49% do milho; 32% da soja; 46% do trigo; 58% da banana; 27% da laranja; 47% da uva; 25% do café; e 10% do VBP da cana-de-açúcar. Acrescenta-se que ela é a principal geradora de postos de trabalho no meio rural, respondendo por 76,9% do pessoal ocupado na agricultura (INCRA/FAO, 2000).

Góis (2002) argumenta que a importância da agricultura familiar vai muito além da mera produção primária, pois ela provê um conjunto de serviços e bens públicos, destacando-se a contribuição à segurança alimentar, aos cuidados com o território, à conservação do meio ambiente, à preservação de valores culturais, à ocupação de mão-de-obra e à geração de empregos. Assim, a agricultura familiar é pluriativa e multifuncional.

Lamarche (1993) amplia a importância dessa modalidade de agricultura, argumentando que, em todos os países onde o mercado organiza as trocas, a produção agrícola é assegurada em maior ou menor grau pelas explorações familiares. Mais que isso, o autor acrescenta que ela está presente em todo o mundo.

Do ponto de vista do impacto ambiental e no contexto das ações de manejo dos sistemas de produção agrícola, as ferramentas que permitam sua avaliação tornam-se particularmente importantes para a pesquisa agropecuária. Um aspecto raramente considerado é que os objetivos da sustentabilidade variam com os fatores ecológicos, econômicos, sociais e culturais, tanto na esfera regional como local. A análise de impacto ambiental de tecnologias agropecuárias é, portanto, indispensável ao desenvolvimento sustentável, porque a interação da tecnologia, meio ambiente e sociedade com seus múltiplos interesses e objetivos, pode resultar impactos não-intencionais, indiretos e de prazo mais longo (PORTER, 1995<sup>1</sup>, *apud* RODRIGUES; CAMPANHOLA e KITAMURA, 2002). Somente pela avaliação sistemática desses impactos, utilizando métodos especialmente construídos e incluídos em um contexto institucional apropriado, é que as tecnologias agropecuárias podem ser seguramente recomendadas e adotadas. Essa noção impõe o desafio para as instituições de pesquisa agropecuária, como a Embrapa, de gerar tecnologias que permitam obter viabilidade econômica dos sistemas de produção, ao mesmo tempo em que minimizam o impacto ambiental. Dessa forma, o desenho e a aplicação de ferramentas de análise de impacto ambiental têm recebido grande atenção de diversos institutos de pesquisa agropecuária.

A Análise do Ciclo de Vida de Produtos (ACV)<sup>\*</sup> é uma das ferramentas que vem ganhando força para análise de sistemas produtivos com foco ambiental. Essa ferramenta está relacionada ao fato de que todas as atividades humanas e, conseqüentemente, seus impactos ambientais podem ser relacionados à satisfação de determinadas necessidades por meio de produtos materiais ou não-materiais. Dessa forma, os produtos têm importante papel na regulação dirigida à redução dos impactos ambientais.

Ressalta-se, no entanto, que o conceito de ciclo de vida do produto trabalhado por essa metodologia difere daquele utilizado pela administração de **marketing** o qual, segundo Kotler (1986, p.571):

é uma tentativa de reconhecimento dos estágios distintos na história das vendas do produto. Correspondendo a estes estágios de vendas, há oportunidades e problemas distintos com respeito à estratégia de **marketing** e potencial lucrativo. Presume-se

---

<sup>1</sup> PORTER, A. L. Technology assessment. **Impact Assessment**, v. 13, p. 135-151, 1995.

<sup>\*</sup> LCA, Life Cycle Assessment, na literatura inglesa.

que seja possível formular melhores planos de **marketing** com a identificação do estágio em que se encontra o produto.

A maioria das discussões sobre ciclo de vida do produto (CVP) esclarece que os produtos passam por quatro estágios, conhecidos como introdução, crescimento, maturidade e declínio.

A ACV, por sua vez, pode ser definida como uma técnica para determinar os potenciais impactos ambientais associados a um produto pela compilação de um inventário das intervenções ambientais relevantes desse produto em todo o seu ciclo de vida, desde a retirada das matérias-primas necessárias à sua produção até sua deposição final no meio ambiente, avaliando os potenciais impactos ambientais dessas intervenções. Portanto, essa técnica considera todos os processos que contribuem para o impacto ambiental de um produto final (WEIDEMA; MEEUSEN, 2000).

A ACV foi inicialmente desenvolvida para determinar o impacto ambiental de indústrias e de seus processos de produção. Contudo, mais recentemente, têm sido realizados estudos de ACVs da produção agrícola, principalmente, para sistemas produtivos de colheitas únicas ou processos de produção de alimentos à escala industrial (CALDEIRA-PIRES; RABELO; XAVIER, 2002).

Diversos estudos de ACV no âmbito da produção agrícola demonstraram sua importância como uma eficiente ferramenta para produtores e técnicos, tanto na análise de pontos fracos das unidades de produção do ponto de vista ecológico, assim como para a criação de programas agroambientais.

A essa noção, agrega-se o desafio imposto atualmente pela aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável: garantir a rentabilidade econômica dos estabelecimentos rurais, aliada à conservação dos recursos naturais. Almeida (1998 p. 52), sugere que a esse desafio se agregue outro ainda maior:

...O grande desafio, talvez, resida na capacidade das forças sociais envolvidas na busca de outras formas para o desenvolvimento de imprimir sua marca nas políticas públicas, para que estas venham a afirmar política, econômica e socialmente a opção pela agricultura familiar, forma social de uso da terra que melhor responde a noção

de sustentabilidade e as necessidades locais, regionais e do país. O sucesso das iniciativas atuais por um novo e diferente modo de desenvolvimento está na razão direta dos resultados obtidos nessa direção, ou seja, no fortalecimento dos processos organizativos da agricultura familiar nas suas diversas formas associativas.

A agricultura familiar, portanto, está ligada de maneira estreita aos princípios do desenvolvimento sustentável. Contudo, mesmo sistemas dessa natureza produzem impactos ambientais. Torna-se então necessário estudar quais são esses impactos e realizar um processo de reflexão para aumentar a rentabilidade dos sistemas de produção, causando o menor impacto ambiental possível. Este trabalho parte do princípio que o primeiro passo para isso é a determinação dos potenciais impactos ambientais causados por sistemas de produção da agricultura familiar, bem como dos resultados econômicos alcançados por tais sistemas.

Assim, o objeto de estudo é o processo de produção da agricultura familiar: seus resultados econômicos e os potenciais impactos ambientais. Por sua vez, o problema de pesquisa deste trabalho pode ser formulado por meio da seguinte questão: qual é a relação entre os resultados econômicos dos diferentes tipos de sistemas de produção utilizados pelos agricultores familiares e os potenciais impactos ambientais causados por esses sistemas?

A hipótese deste trabalho está relacionada à questão que, mesmo sofrendo críticas, o modelo de exploração baseado na “Revolução Verde”, ou seja, na utilização intensiva, sobretudo, de insumos químicos e mecanização, também serve de orientação à exploração dos sistemas de produção da agricultura familiar, ainda que esses agricultores não consigam utilizar “pacotes tecnológicos” em sua totalidade.

Dessa forma, a hipótese é que os maiores resultados econômicos estão associados aos sistemas de produção que causam maiores impactos ambientais potenciais, porque são mais intensivos em tecnologias com uso de insumos sintéticos (adubos, rações, medicamentos, agrotóxicos, etc) e mecanização.

Para confirmar ou rejeitar essa hipótese a pesquisa deve, portanto, ser realizada no âmbito das unidades de produção e das comunidades rurais, conjugando diversos procedimentos e ferramentas metodológicas.

Este trabalho de dissertação faz parte de projeto desenvolvido no Município de Unaí-MG pela Embrapa Cerrados, o Grupo de Trabalho de Apoio à Reforma Agrária (GTRA/DEX) da Universidade de Brasília (UnB) e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – Superintendência Regional 28 (INCRA SR-28), com apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), intitulado “Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária” (Zoby et al., 2001). Escolheu-se o Município de Unaí-MG tendo em vista sua representatividade em termos de número de assentamentos e de diversidade de ambientes.

Cabe ressaltar que os agricultores assentados pela reforma agrária formam um importante segmento que está inserido na lógica da agricultura familiar. Além disso, esse segmento possui uma magnitude expressiva na região do Distrito Federal e Entorno (INCRA-SR-28) onde o projeto é desenvolvido. Nessa região, existem 107 assentamentos instalados com 6.593 famílias, perfazendo uma população estimada de 32.965 pessoas e ocupando uma área de 319.753,54 ha (SILVA, 2001).

Nesse contexto, este trabalho de dissertação tem por objetivo analisar a relação entre os resultados econômicos e os impactos ambientais de sistemas de produção da agricultura familiar num assentamento de reforma agrária do Município de Unaí – MG.

Para isso, foram realizadas as seguintes etapas:

- a) Caracterização da área de estudo.
- b) Caracterização dos diferentes tipos de sistemas de produção da área de estudo.
- c) Determinação dos resultados econômicos dos sistemas de produção.
- d) Determinação dos impactos ambientais dos sistemas de produção.
- e) Análise da relação existente entre os impactos ambientais de cada sistema de produção e seus resultados econômicos.

Esta dissertação está dividida em quatro capítulos. No Capítulo 1, apresentam-se e discutem-se os principais conceitos envolvidos na dissertação e a evolução dos conhecimentos científicos sobre o tema estudado, isto é, as características da agricultura familiar, a aplicação da ACV para análise dos impactos ambientais potenciais de sistemas produtivos, de maneira

geral, e de sistemas de produção agrícola, de maneira específica. No Capítulo 2, é feita uma descrição do contexto socioeconômico e institucional no qual este estudo está inserido. No Capítulo 3, apresentam-se os passos, métodos e técnicas utilizados para realizar a pesquisa. E, no Capítulo 4, analisam-se os dados obtidos no estudo, considerando o problema de pesquisa e a hipótese colocada.

A última parte refere-se às conclusões e sugestões oriundas do estudo. São abordadas as conclusões e generalizações possíveis a partir da pesquisa realizada. São discutidas as contribuições deste trabalho em relação às políticas da Embrapa, bem como sugestões de temas para pesquisas futuras.

Finalmente, como resultado dessa pós-graduação, foram produzidos os seguintes trabalhos:

CALDEIRA-PIRES, A.; RABELO, R.R.; XAVIER, J.H.V. Organic Agriculture Systems as a task for Brazilian Regional Development through Traditional Small Farms (Poster). In: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY POLICY AND INNOVATION, 12-15 August, 2002, Kyoto, Japan. **Program and Abstract: International Organizing Committee**, 2002. p. 160.

CALDEIRA-PIRES, A.; RABELO, R.R.; XAVIER, J.H.V. Uso potencial da análise do ciclo de vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 2, p.: 149-178, mai./ago., 2002.

MARTINS FILHO, J.S.L.; BRASIL JÚNIOR, A.C.P.; XAVIER, J.H.V.; CALDEIRA-PIRES, A. Sustainability assessment of energy hybrid system implemented in an isolated community. In: 17<sup>o</sup> International Congress of Mechanical Engineering. **Abstracts ...**São Paulo: Brazilian Society of Mechanical Science and Engineering (ABCM), 2003. p. 140.

XAVIER, J.H.V.; MARTINS FILHO, J.S.L.; CALDEIRA-PIRES, A. Life cycle assessment and optimization of traditional small farmer's production system in Brazil. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Oxford, England, submetido em dezembro/2003.

## **1 – REFERENCIAL CONCEITUAL E METODOLÓGICO**

Neste capítulo, são discutidos os principais conceitos envolvidos nesta dissertação. Primeiramente, são analisados os aspectos relacionados à agricultura familiar. Ela é inicialmente situada como componente de um sistema econômico. Nesse âmbito, discute-se o conceito de camponês como conceito-chave da agricultura familiar, assim como as relações existentes entre agricultura camponesa, agricultura de subsistência e pequena produção. São feitas considerações sobre a complexidade e o funcionamento de sistemas de produção de agricultura familiar para, ao final, destacar os elementos mais importantes do ponto de vista deste trabalho.

Num segundo momento, são discutidos os principais conceitos relacionados à ACV. Abordam-se, também, as fases para a realização de um estudo de ACV, assim como as particularidades de sua aplicação na agricultura. Finalmente, são discutidos estudos de ACV específicos sobre o processo de produção agrícola.

### **1.1 – SISTEMAS DE PRODUÇÃO DA AGRICULTURA FAMILIAR**

A discussão sobre agricultura familiar vem ganhando força na realidade brasileira. O debate sobre os conceitos e sobre sua importância também é intenso, produzindo inúmeras concepções, interpretações e propostas, oriundas de suas diferentes entidades representativas, dos intelectuais que estudam a área rural e dos técnicos governamentais encarregados de elaborar políticas para o setor rural brasileiro (INCRA/FAO, 2000). A agricultura familiar também se relaciona a outros termos e categorias, tais como, camponato, pequena produção e agricultura de subsistência. Esses debates geram uma diversidade de abordagens, bem como, muitas vezes, conceituações diferentes.

Um aspecto de grande importância consiste em situar a agricultura familiar no contexto dos sistemas econômicos, sobretudo, o capitalista. Para Chayanov (1966) é importante aceitar o papel inquestionável que o capitalismo desempenha na organização econômica mundial. Isso não significa, contudo, estender sua aplicação para todos os fenômenos da vida econômica, pois existe uma ampla área da economia, principalmente, na esfera da produção agrária que é baseada não na forma capitalista, mas numa forma

completamente diferente, a “unidade econômica familiar sem salário” (**nonwage family economic unit**). Para esse autor, o capitalismo não é o único sistema econômico a ser considerado. Ele postula que há pelo menos quatro grandes sistemas econômicos: capitalismo, escravidão, comunismo e economia familiar. As unidades econômicas inseridas na economia familiar não têm a característica essencial de uma empresa capitalista, que é operar com trabalhadores assalariados visando a obter lucros. Essas unidades possuem motivações especiais para a atividade econômica e também uma concepção especial sobre rentabilidade.

É no contexto da economia familiar que Chayanov (1966) trabalha o conceito de economia camponesa, no qual se insere a unidade econômica de trabalho familiar. Essa unidade é entendida como a unidade econômica de uma família campesina ou artesã que não utiliza trabalhadores pagos (assalariados), mas somente o trabalho dos próprios membros da família, mesmo quando essa característica não tenha sido explicitamente determinada. É importante ressaltar que para o autor os termos, **family economic unit, labor economic unit, family labor economic unit e labor family economic unit**, têm o mesmo significado.

Thorner (1966), ao analisar a teoria de economia camponesa de Chayanov, argumenta que seu conceito central é o “balanço consumo-trabalho”. Isto é, cada família busca um rendimento (resultado) anual adequado às suas necessidades básicas, no entanto, isso envolve a realização de trabalhos penosos. Assim, a família não leva adiante esse trabalho além do ponto no qual o aumento possível em produção é excedido pelo esforço do trabalho extra. Cada família busca um equilíbrio entre o grau de satisfação das necessidades da família e o grau de esforço do trabalho. Acrescenta-se ainda que esse balanço é diferenciado em virtude do tamanho da família e da relação entre trabalhadores e não-trabalhadores das diferentes famílias.

Lovisoló (1989) discute que essa lógica, em que a produção resultaria de uma avaliação comparativa entre o esforço de produzir e os retornos derivados desse esforço, determinaria o seguinte efeito específico: em face do aumento dos preços, as unidades camponesas poderiam diminuir sua produção, uma vez que os retornos satisfariam as

demandas rotineiras de reprodução\* dos produtores. Na situação contrária, a diminuição dos preços poderia intensificar o esforço de produção para manter a reprodução nos padrões habituais. Para esse autor, no esquema de Chayanov, existe um limite a partir do qual a queda dos preços não determina aumentos da produção; os produtores voltar-se-iam para uma situação de auto-subsistência. No entanto, ele faz a ressalva que Chayanov foi cuidadoso a ponto de evitar a extensão não justificada de seu modelo para qualquer situação distinta daquela vigente na comunidade russa, situação caracterizada por normas especiais de acesso a terra.

Pedroso (2000) destaca que as características do objeto de estudo de Chayanov (1966) têm grande importância até hoje, pois chama a atenção para a necessidade de respeitar e valorizar as especificidades desse setor, apesar de ser necessário compreender que sua reflexão foi focada na Rússia do início do século XX, marcada pelo atraso econômico, pela miséria e por problemas sociais em que o campesinato constituía a maior parte da população.

De maneira geral, pode-se dizer que o camponês caracteriza-se por ser uma unidade econômica em que a família, utilizando seus meios de produção, emprega sua força de trabalho no cultivo da terra, buscando equilibrar a produção e o esforço de trabalho necessário, obtendo, como resultado, certa quantidade de bens (resultado bruto anual). Essa produção deve ser dividida, num orçamento familiar, entre o consumo, a produção, o aumento do nível potencial da fazenda para produção ou estabelecimento de alguma forma de poupança.

Wanderley (1999) argumenta que a agricultura camponesa tradicional possui especificidades relacionadas aos objetivos da atividade econômica, às experiências de sociabilidade e à forma de sua inserção na sociedade global. Os objetivos e a autonomia da agricultura camponesa podem ser sintetizados pela busca em prover a subsistência do grupo familiar em dois níveis complementares: a subsistência imediata e a reprodução da família pelas gerações subsequentes. A conjugação desses objetivos define a constituição de um sistema de produção específico e o papel central da formação do patrimônio familiar, como

---

\* O conceito de reprodução refere-se à busca, por parte dos agricultores, em garantir as necessidades atuais da família, mas também que os meios de produção possam ser transmitidos à geração seguinte, assegurando igualmente suas condições de sobrevivência.

suas características principais. Nesse contexto, a autora destaca os seguintes aspectos da especificidade da agricultura camponesa:

- a) O sistema de policultura-pecuária: é o sistema tradicional de produção camponês, aperfeiçoado ao longo do tempo visando a atingir equilíbrio entre grande número de atividades agrícolas e de criação animal. A idéia básica é utilizar um amplo leque de atividades integradas pela utilização dos subprodutos de cada uma delas para as outras, de forma que haja segurança contra as intempéries e as desigualdades da colheita. Essa constituição exige determinada intensidade de trabalho e flexibilidade na sua organização.
- b) O horizonte das gerações: um dos eixos centrais da agricultura camponesa e de sua organização família-produção-trabalho é a expectativa de que os investimentos realizados e o trabalho aplicado pela geração atual possam vir a ser transmitidos à geração seguinte, garantindo-lhe condições de sobrevivência. Esse objetivo de longo prazo orienta a constituição do patrimônio familiar e a alocação de mão-de-obra dentro ou fora da unidade de produção. Além disso, essa preocupação reflete-se na constituição de um saber tradicional que possa ser passado aos filhos.
- c) As sociedades de interconhecimento e a autonomia relativa das sociedades rurais: a agricultura camponesa tradicional é profundamente inserida no território, dessa forma, o camponês convive com outras categorias sociais e desenvolve uma forma de sociabilidade específica que ultrapassa os laços familiares e de parentesco. Essa sociabilidade é que garante a qualidade de interconhecimento à sociedade rural. Ressalva-se que mesmo nesse tipo de sociedade a autonomia é relativa, sobretudo, em virtude da necessidade de reservar uma parte da produção para trocar com o conjunto da sociedade e para atender a suas imposições.

Com base no que foi exposto, merecem ser destacados dois aspectos. Primeiramente, a questão polêmica relacionada às previsões nas quais o desenvolvimento capitalista terminaria por eliminar a produção camponesa.

...[Os] camponeses que produzem com seus próprios meios de produção serão gradualmente transformados em pequenos capitalistas que também explorarão o trabalho de outros, ou eles sofrerão a perda dos seus meios de produção ... e serão transformados em trabalhadores assalariados. Essa é a tendência da sociedade em

que o modo de produção capitalista predomina (MARX, 1951<sup>2</sup>; *apud* THORNER, 1966, p. xviii).

Esse aspecto não será abordado em profundidade neste trabalho. Ressalta-se apenas que essas previsões não se confirmaram. Apesar do avanço do desenvolvimento capitalista, pode-se dizer que a produção camponesa, entendida como unidade econômica familiar na agricultura, não se extinguiu. Lovisoló (1989) argumenta que a produção camponesa soluciona questões sociais e econômicas. No aspecto social, resolve o problema da reprodução de parcelas significativas da população que não têm um lugar na produção capitalista. No aspecto econômico, a produção familiar capitalizada responde e orienta-se na direção de aumentar produção e produtividade, e, em condições favoráveis, cumpre com sucesso essa orientação, dessa forma, aparece tanto solucionando uma questão econômica quanto, secundariamente, uma questão social.

Em segundo lugar, verifica-se que provavelmente a agricultura familiar não seja um conceito novo. Isso é discutido no trabalho de Wanderley (1999, p. 21-22), ao refletir sobre o tema e sua relação com outros conceitos e categorias já utilizados:

A agricultura familiar não é uma categoria social recente nem a ela corresponde uma categoria analítica na sociologia rural. No entanto, sua utilização com o significado e a abrangência que lhe têm sido atribuídos nos últimos anos no Brasil, assume ares de novidade e de renovação. Fala-se da agricultura familiar como um novo personagem, diferente do camponês tradicional, que teria assumido sua condição de produtor moderno. Mas afinal o que vem a ser a agricultura familiar? Em que ela é diferente do campesinato, do agricultor de subsistência, do pequeno produtor, categorias que, até então, circulavam com maior frequência nos estudos especializados?...

Na perspectiva adotada, a agricultura camponesa não se identifica simplesmente com uma agricultura de subsistência, há momentos em que os agricultores podem, por diversas razões, organizar sua produção para a sobrevivência imediata, sem vincular suas estratégias a um projeto futuro. Embora a função de subsistência esteja presente no modelo camponês, ele não se reduz somente a isso, existindo uma forte orientação para a conservação e o crescimento do patrimônio familiar. Ademais, a pluriatividade e o trabalho externo de membros da família não constituem uma desagregação da agricultura camponesa, ao

---

<sup>2</sup> MARX, K. **Theorien über den Mehrwert**, in the translation of G. A. Bonner and Emile Burns, *Theories of surplus value*. London, 1951, p.193-194.

contrário, são elementos positivos que a família pode utilizar para viabilizar sua reprodução presente e futura. Finalmente, a relação entre agricultura camponesa e pequena produção pode ser formulada sob o ponto de vista que a agricultura camponesa é geralmente pequena, dispõe de poucos recursos e tem dificuldades para potencializar suas forças produtivas, porém ela não é camponesa por ser pequena, isto é, não é sua dimensão que determina sua natureza e, sim, suas relações internas e externas (WANDERLEY, 1999).

Para a autora, a agricultura familiar é entendida como aquela em que a família, ao mesmo tempo em que é proprietária dos meios de produção, assume o trabalho no estabelecimento produtivo. Com base nesse conceito ela defende as seguintes hipóteses:

- a) A agricultura familiar é um conceito genérico que incorpora uma diversidade de situações específicas e particulares.
- b) O campesinato é uma forma particular de agricultura familiar, que se constitui como modo específico de produzir e viver em sociedade.
- c) A agricultura familiar que se reproduz nas sociedades modernas deve adaptar-se ao seu contexto socioeconômico, o que a obriga a realizar importantes modificações na sua forma de produzir e em sua vida social tradicionais.
- d) Essas transformações, no entanto, não produzem uma ruptura total e definitiva com as formas “anteriores”, o que significa que o agricultor familiar atual possui ainda uma tradição camponesa, que lhe permite, precisamente, adaptar-se às novas exigências da sociedade.
- e) O campesinato brasileiro tem características particulares (em relação ao conceito clássico de camponês) que são o resultado do enfrentamento de situações próprias da história social do País e que servem de fundamento a esse patrimônio sociocultural, com o qual deve adaptar-se às exigências e condicionamentos da sociedade brasileira moderna.

Segundo Lamarche (1993, p. 15), “a exploração familiar corresponde a uma unidade de produção agrícola onde propriedade e trabalho estão intimamente ligados à família”. Para esse autor, a exploração familiar engloba a exploração camponesa, mas vai além dela. Isto é, a exploração camponesa é uma exploração familiar, mas nem toda exploração familiar é camponesa.

Em concordância com a hipótese de que a agricultura familiar é um conceito genérico, que engloba o conceito de campesinato e, mais ainda, não está totalmente dissociada dele do ponto de vista de sua lógica de funcionamento, é importante, no âmbito deste trabalho, analisar a conceituação da agricultura familiar nos seus aspectos de funcionamento e de sua racionalidade econômica, visto que, um dos passos a serem realizados nesta dissertação é a determinação dos resultados econômicos alcançados pelos sistemas de produção estudados.

Lovisoló (1989), em extenso trabalho realizado nos Municípios de Conceição do Coité (BA) e Cândido Godói (RS), definiu as unidades de produção familiares na agricultura como aquelas nas quais a possibilidade de vinculação do trabalhador aos meios de produção está mediada por uma relação de parentesco com membro(s) específicos(s) da unidade. Nesse trabalho, constatou-se o aspecto já ressaltado por Wanderley (1999), acerca da diversidade das unidades familiares que foram situadas em dois grupos: unidades capitalizadas, isto é, que conseguiram realizar um processo de acumulação em meios de produção, e unidades não capitalizadas.

O autor argumenta que tanto no caso das unidades não capitalizadas quanto no caso das unidades capitalizadas, enfrenta-se o mesmo tipo ou forma de produção: a mercantil simples ou produção simples de mercadorias. De acordo com o autor, suas principais características são as seguintes:

- a) As unidades produzem para vender e vendem para comprar as mercadorias necessárias à reposição permanente dos pressupostos de sua reprodução, seja essa reprodução da mesma escala ou numa escala maior de meios de produção.
- b) Os produtos comerciais são produzidos sob determinação do mercado (demanda e preços) e limitados pela existência de meios e condições de funcionamento das unidades.
- c) Os produtos comerciais aparecem dominando o ciclo de produção-reprodução. A limitação de sua exploração leva à venda de força de trabalho como fonte substitutiva de obtenção da renda monetária necessária à reprodução dos membros da unidade.
- d) Na representação dos atores (produtores) e no recorte da pesquisa os produtos destinados ao consumo próprio cuja produção está ligada pela possibilidade de consumo interno na unidade, aparecem, ainda que sendo considerados importantes, num plano secundário, isto é, como atividades que possibilitam economizar. Plano

secundário não quer dizer que não seja importante. Sua significação, isto sim, é reduzida em relação aos produtos comerciais. As atividades geradoras de produtos de consumo próprio são realizadas à medida que as atividades comerciais deixam tempo livre. Na presença de trabalho não utilizado na produção comercial e que não pode ser vendido (por falta de mercado, excesso de oferta de mão-de-obra, etc); ou seja, na presença de trabalho sem preço, a produção para o consumo próprio se desenvolve.

- e) A reprodução da unidade familiar passa, empírica e teoricamente, na qualidade de unidade mercantil simples, pela produção comercial. É essa dominância da produção comercial que explica a dependência dessas unidades perante o mercado, tanto comercial quanto de crédito, a fim de repor os pressupostos da produção.
- f) Existe uma diversificação da produção nessas unidades tanto para consumo próprio quanto comercial. No caso da diversificação comercial, ela é orientada para enfrentar as variações dos preços relativos.
- g) As unidades orientam-se visando à acumulação de meios de produção. Essa orientação pode ser diferenciada em função das formas de operação das unidades e do contexto socioeconômico no qual elas estão inseridas. Essa acumulação dificilmente é pensada como compra de trabalho assalariado de forma sistemática e como fundamento da produção. Ao contrário, ela significa aumento não só do valor das unidades; de sua produção comercial; dos retornos da produção; da melhoria do consumo social, como também aumento da produtividade da mão-de-obra e diminuição do esforço do trabalho na agricultura.

Segundo Dollé (1995), são várias as características que diferenciam a agricultura familiar: a existência de forte ligação da disponibilidade de mão-de-obra com a dinâmica familiar; a integração entre o capital de exploração e o patrimônio familiar; o objetivo principal não é a remuneração obrigatória dos fatores de produção, mas a conservação desses fatores de produção; a atuação freqüente em múltiplas atividades e a busca da otimização de funções complexas.

A estrutura de produção denominada de agricultura familiar é um sistema complexo em que o processo de decisão é definido por múltiplos objetivos: técnicos, econômicos e sociais. O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) define a agricultura familiar como “uma forma de produção, onde predomina a interação entre a gestão e o trabalho, a direção do processo produtivo pelos agricultores familiares, com ênfase na

diversificação e utiliza o trabalho familiar complementado pelo trabalho assalariado” (PRONAF, 2000, p.3).

Hamdan (1994) argumenta que um dos supostos mais importantes sobre o funcionamento das explorações familiares é que sua racionalidade econômica tem como objetivo central assegurar a subsistência familiar, para a qual procura maximizar um ingresso global que cubra essa subsistência, ainda que não se remunerem todos os fatores de produção (terra, trabalho e capital).

Nessas explorações a lógica econômica e as estratégias produtivas não são independentes da composição familiar e nem das etapas de evolução da família, (HAMDAN, 1994). Os componentes técnicos e econômicos ligados à unidade de produção são indissociáveis dos elementos sociais, ou seja, é impossível separar os negócios da unidade de produção daqueles da família. A fazenda constitui, ao mesmo tempo, o lugar de residência, de consumo e de trabalho.

Bonnal et al. (1994a) incorporam a noção de sistema à análise da agricultura familiar. Um sistema pode ser entendido internamente como um conjunto de elementos quaisquer ligados entre si por cadeias de relações, de tal modo a constituírem um todo organizado. Do ponto de vista externo, um sistema pode ser definido como um todo organizado, dinamicamente relacionado com o meio externo, isto é, continuamente sujeito à mudança, e apresenta, em qualquer momento, um conjunto de atributos e de modos de ação (ou comportamento). Dessa forma, um sistema é, em última análise, um conjunto de elementos e de suas relações. Sua estrutura vem a ser o conjunto dessas relações entre esses elementos (GASTAL, 1980).

Segundo Bonnal et al. (1994a p.10), um sistema de produção de agricultura familiar pode ser definido como “a combinação dos fatores de produção utilizados por um produtor e sua família com a finalidade de satisfazer seus objetivos, tomando em conta um determinado contexto ambiental, social, econômico, administrativo e político”.

O sistema de produção, portanto, abrange todo o estabelecimento: as terras, equipamentos, benfeitorias, os cultivos, as criações, a família do agricultor e o modo como esses diversos componentes interagem não apenas entre si, mas também com o ambiente

externo. Assim, a ação de fatores externos influencia, de maneira significativa, os modos de exploração das propriedades em regime de economia familiar. Os produtores procuram adaptar suas práticas a um conjunto de pressões, com a finalidade de limitar os efeitos delas. Segundo Bonnal et al. (1994b), essa adaptação às pressões de toda natureza dá lugar a um modo particular de funcionamento que pode ser considerado pouco eficiente do ponto de vista da rentabilidade econômica, mas que, muitas vezes, é sumamente eficiente quanto à limitação do risco e à perenidade da unidade de produção.

De maneira geral, o sistema caracteriza-se por um fluxo de energia e matéria (entradas) necessárias ao seu funcionamento, um processamento dessas entradas e de outros recursos produzidos no interior do próprio sistema (resíduos ou produtos de subsistemas) e, finalmente, por um conjunto de saídas, que por sua vez viabiliza o acesso a novas entradas e o alcance dos objetivos do produtor e sua família. Ressalta-se a importância das trocas e relações entre a família e os subsistemas de cultivos e criações, bem como destes entre si. Essas interações são fundamentais para a sustentabilidade do sistema de produção. Outro aspecto a ser considerado refere-se à diversidade das atividades econômicas na propriedade. A produção diversificada busca reduzir o risco, por meio do atendimento das necessidades da família, principalmente na alimentação, bem como em uma série de consumos intermediários, sobretudo, na alimentação do gado e de pequenos animais. Além disso, há uma contribuição das diversas atividades na composição da renda monetária da propriedade (CALDEIRA-PIRES; RABELO; XAVIER, 2002).

Nesta dissertação, não se tem a pretensão de formular um conceito-síntese sobre agricultura familiar. Contudo, algumas das características abordadas merecem ser destacadas pois têm relevância para o estudo:

- a) A agricultura familiar caracteriza-se pela diversidade de unidades que têm como traço marcante o fato de suas atividades serem executadas pela família, o que não significa que o trabalho familiar não possa ser complementado tampouco que os agricultores restrinjam-se aos trabalhos dentro da unidade. No entanto, o trabalho familiar é majoritário.
- b) Essa diversidade gera diferentes sistemas de produção os quais combinam diversas atividades inter-relacionadas para alcançar um resultado que, por sua vez, é maior que a soma dos resultados de cada atividade (noção de sistema).

- c) A orientação para garantir a subsistência da família não é antagônica à produção comercial. Pelo contrário, elas se complementam na obtenção do resultado final do sistema, bem como para a necessidade de acumular meios de produção e patrimônio familiar.
- d) Esses sistemas têm uma racionalidade econômica particular, o que modifica a noção de rentabilidade. Dessa forma, os indicadores de resultados econômicos devem ser compatíveis com essa racionalidade.

Os sistemas de produção da agricultura familiar possuem funcionamento e relacionamento com o setor agroindustrial diferenciados. Essa diversidade gera resultados econômicos e impactos ambientais distintos. É nesse âmbito que a metodologia da Análise do Ciclo de Vida (ACV) apresenta-se como um método promissor para avaliar e determinar os impactos relevantes no meio ambiente, advindos do funcionamento dos diferentes tipos de sistema de produção de uma região/comunidade.

## 1.2 – CONCEITOS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)

Embora as primeiras idéias de análise de ciclos de vida de produtos remontem ao século XIX, elas só tomaram força no século XX, sobretudo em relação às embalagens de produtos. A metodologia de ACV foi então construída, tendo como base diversas aplicações em vários países do mundo. A **Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)**, por intermédio de organizações “irmãs” nos Estados Unidos e na Europa, desempenhou papel fundamental no desenvolvimento e na padronização da metodologia, mediante a agregação de praticantes e usuários da ACV. Atualmente, ela vem difundindo-se como uma metodologia que pode trazer muitos benefícios, desde que seja incorporada à rotina das empresas como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão (**Life Cycle Management**), tais como, compras, gestão de produtos, logística, marketing, administração, planejamento estratégico, etc (WEIDEMA, 1997).

É importante esclarecer que as bases dessa metodologia foram desenvolvidas nos países de clima temperado, principalmente, na Europa. Assim, ela enfoca aspectos da realidade desses países. No Brasil, praticamente não há estudos utilizando a ACV.

Segundo Caldeira-Pires; Rabelo e Xavier (2002, p. 167):

Os princípios associados à ACV encontram-se em fase de normalização, no conjunto de requisitos da ISO 14040 e seguintes. A norma ISO 14040 define a ACV como ‘compilação dos fluxos de entradas e saídas e avaliação dos impactos associados a um produto ao longo do seu ciclo de vida’. Essa norma define ainda ciclo de vida como ‘estados consecutivos e interligados de um produto, desde a extração de matérias primas ou transformação de recursos naturais, até a deposição final do produto na Natureza’.

A ACV pode ser definida como uma técnica para determinar os potenciais impactos ambientais associados a um produto mediante a compilação de um inventário das intervenções ambientais relevantes desse produto em todo seu ciclo de vida, desde a retirada das matérias-primas necessárias à sua produção até sua deposição final no meio ambiente, avaliando os potenciais impactos ambientais dessas intervenções. Portanto, essa técnica considera todos os processos que contribuem para o impacto ambiental de um produto final (WEIDEMA; MEEUSEN, 2000).

Segundo Olsson (1999), a meta de desenvolvimento sustentável tem sido enfatizada como uma parte importante das políticas públicas, sobretudo, na Europa. Para se alcançar essa meta muitas ações diferentes têm que ser executadas, inclusive, o desenvolvimento e uso de ferramentas ambientais para dar suporte à tomada de decisão. É nesse contexto que a ACV vem ganhando importância. O autor argumenta que num estudo de ACV todas as extrações de recursos naturais (matérias-primas) e as emissões para o ambiente são determinadas numa forma quantitativa, quando necessário, em todo o ciclo de vida do produto ou serviço. Baseado nesses dados, os impactos ambientais potenciais sobre os recursos naturais, o meio ambiente e a saúde humana podem ser determinados.

Hass; Wetterich e Köpke (2001) argumentam que a ACV é um método para compilar um completo inventário, com o objetivo de avaliar e determinar todo os impactos ambientais relevantes.

Conforme De Boer (2003), a ACV é um método para determinar de maneira integrada os impactos ambientais. Integrada, nesse contexto, significa que diversos aspectos ambientais, denominados categorias de impacto ambiental, são determinados simultaneamente, variando desde o uso de energia até o potencial de aquecimento global.

Além disso, todos os processos relacionados à manufatura do produto, isto é, desde a extração das matérias-primas até as possibilidades de tratamento dos resíduos, podem ser incorporados na análise.

Azapagic e Clift (1995) consideram a ACV como um processo para avaliar o consumo de recursos (naturais) e os impactos ambientais associados com um produto, processo ou atividade, mas que a ACV também envolve a identificação e a avaliação de oportunidades de melhoria da performance ambiental de um produto ou atividade. Segundo Olsson e Weidema (1999, 1999), a ACV também é entendida como um método para determinar os impactos ambientais de um produto, pensando em potencial substituição de produtos ou serviços ao longo do ciclo ou do próprio produto analisado, visando à melhoria da performance ambiental.

Para Caldeira-Pires; Rabelo e Xavier (2002) o conceito fundamental dessa técnica é o do ciclo de vida, que surge com a consciência de que qualquer produto, processo ou atividade produz impactos no ambiente desde o momento em que são extraídas as matérias primas indispensáveis à sua existência até que, após sua vida útil, é devolvido à natureza. Na Figura 1.1 ilustram-se as principais fases associadas a um ciclo de vida. Essas fases são representadas em blocos que devem corresponder a processos ou ações, devendo, entre eles, circular energia e materiais.

O conceito de ciclo de vida amplia a visão do processo de produção industrial, assim como auxilia na busca de melhoria de sua performance, do ponto de vista econômico e também ambiental. As tentativas de incorporar considerações ambientais como objetivo de procedimentos de otimização da atividade industrial representam o início de uma mudança de paradigma no processo industrial, tradicionalmente direcionado apenas para o foco econômico. No entanto, uma das principais desvantagens de outras abordagens utilizadas é que elas concentram a análise dos impactos ambientais apenas no processo de produção (Figura 1.1), ou seja, sem considerar outros estágios do ciclo de vida. Assim, é possível que essas abordagens indiquem uma redução dos impactos ambientais na fase de produção, ao mesmo tempo em que causam aumento desses impactos em outra parte do ciclo (AZAPAGIC; CLIFT, 1999).

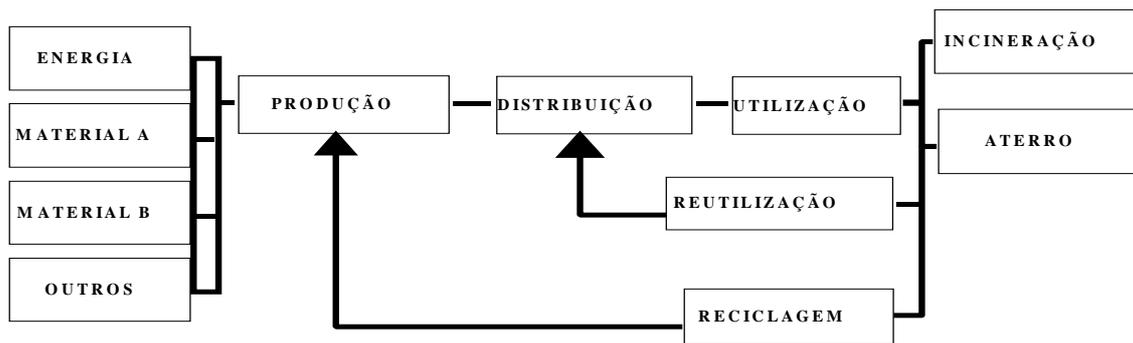


Figura 1.1 – Principais fases associadas ao ciclo de vida de um produto (Caldeira-Pires, Rabelo e Xavier, 2002, p. 168).

Weidema (1997) relaciona os seguintes conceitos/definições sobre a ACV que têm importância determinante para sua compreensão:

- a) Ambiente: meio que envolve as operações da organização (empresa, atividade) analisada.
- b) Impacto ambiental: qualquer mudança no ambiente, adversa ou benéfica, resultado de atividades ou produtos da organização.
- c) Intervenções: são os **inputs** ambientais (recursos) utilizados pelo sistema de produção; os **outputs** ambientais produzidos pelo sistema (emissões para o ar, água e solo), bem como as relações ambientais que não estão diretamente relacionadas com os **inputs** ou **outputs**, tais como, uso do solo; impactos físicos; aspectos relativos à saúde ocupacional; bem-estar de trabalhadores; bem-estar de animais domésticos (no caso de atividades agropecuárias), entre outros.
- d) Produto: é um bem físico ou serviço não-material que cumpre uma ou mais funções definidas.
- e) Sistema de produção: é o conjunto, material ou energético, de processos unitários (**unit processes**) conectados que oferece (produz) um ou mais produtos. Num sistema de produção, um processo unitário é o menor nível para coleta de dados.

O autor agrupa as aplicações de ACV em quatro áreas:

- a) Análises não comparativas de produtos já existentes: são relevantes para produzir relatórios ambientais de produtos, com o objetivo de melhorar o nível de informação dos consumidores ou para uma pesquisa inicial visando a identificar as áreas

ambientalmente mais críticas do ciclo de vida de um produto. Essas análises são baseadas em ambientes específicos (empresas ou localidades) ou em informações médias regulares.

- b) Análises comparativas de produtos existentes: visam a influenciar os atores envolvidos com um produto (fornecedores, produtores ou consumidores). Uma avaliação de produtos similares produzidos por diferentes fornecedores pode revelar que alguns deles podem ser superiores do ponto de vista ambiental. Uma empresa pode comparar seus próprios produtos com os de seus concorrentes. A comparação pode ser usada também como estratégia de marketing ou para rotulagem ambiental.
- c) Análises comparativas de produtos potenciais (desenvolvimento de produtos): nesse caso, a tarefa é como identificar melhorias no produto, tais como, a substituição de ingredientes, a aplicação de diferentes tecnologias no processo de produção, a redução dos resíduos na fase de distribuição, entre outras.
- d) Análises estratégicas de produtos em relação a gestão ambiental: tipicamente comparam diferentes tipos de produtos a fim de obter um quadro de como eles funcionarão na perspectiva de um objetivo ambiental de longo prazo. Isso pode ser usado para determinar as prioridades de longo prazo de uma empresa do ponto de vista ambiental, agrupar as diretrizes gerais de desenvolvimento de produtos ou pensar ajustes de longo prazo no alcance do produto.

Os itens “a” e “b” são classificados como aplicações táticas, o “c” é classificado como aplicação prospectiva e o item “d” como aplicação estratégica. As diferentes aplicações exigem diferentes tipos de informação. Dessa forma, é essencial estar atento para o planejamento da aplicação antes de realizá-la (WEIDEMA, 1997).

Os passos da ACV estão internacionalmente padronizados pela **Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)** e pela **International Standardization Organization (ISO)**. Um estudo de ACV, normalmente, realiza-se em várias fases interativas, repetindo-se algumas delas muitas vezes, à medida que as incertezas são eliminadas (Figura 1.2). A ACV pode ser dividida em quatro fases principais: definição do objetivo e do âmbito (escopo) do estudo, inventário dos processos envolvidos, com enumeração das entradas e saídas do sistema; determinação dos impactos ambientais associados às entradas e às saídas do sistema, interpretação dos resultados das fases de

inventário e avaliação, considerando os objetivos do estudo (AZAPAGIC e CLIFT; WEIDEMA; BERLIN, 1995, 1997, 2002).

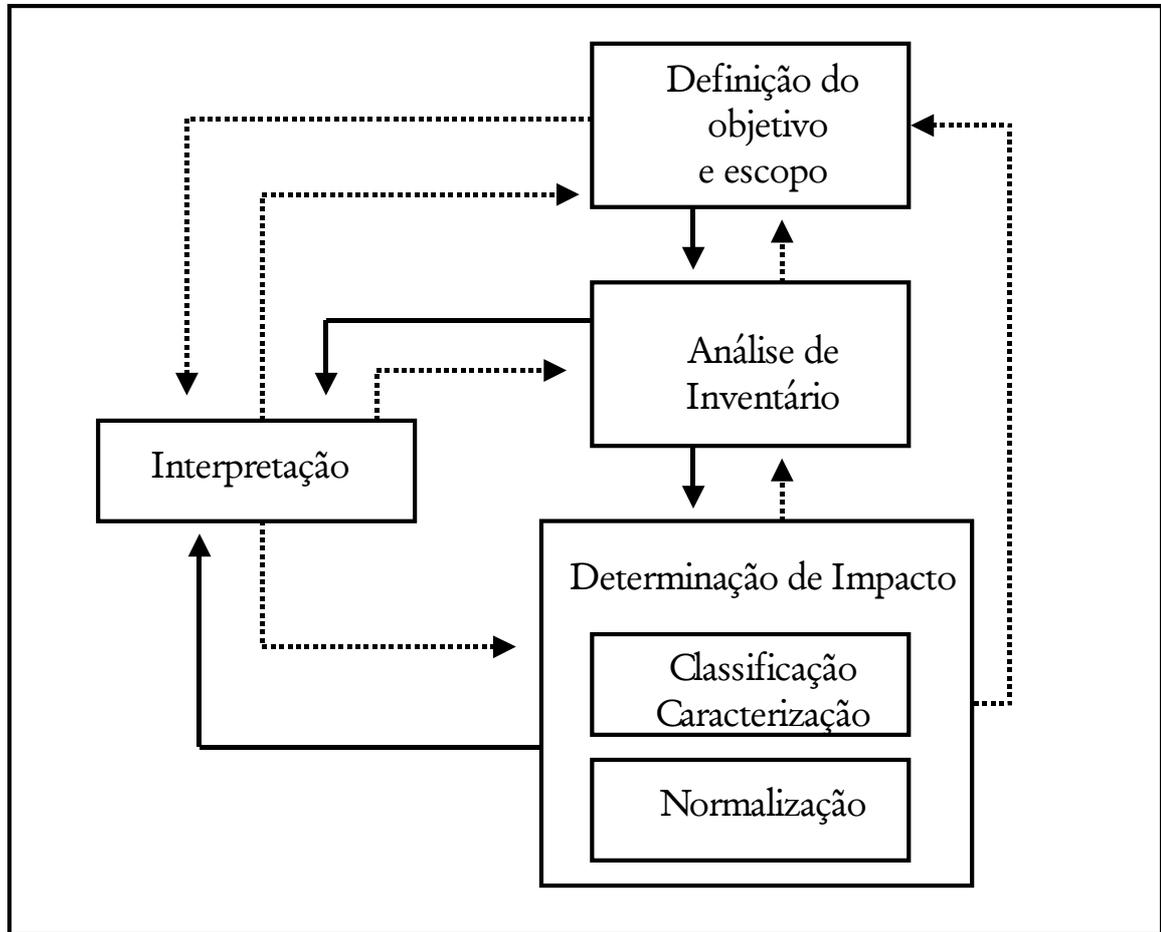


Figura 1.2 – Fases da metodologia de ACV. As linhas contínuas indicam a ordem das fases e as linhas tracejadas as interações (modificado – Berlin, 2002, p. 940).

Essas fases serão discutidas em maior detalhe nos sub-itens 1.2.1, 1.2.2, 1.2.3 e 1.2.4, a seguir, tendo como base o trabalho de Weidema (1997).

### 1.2.1 – Definição do objetivo e do âmbito (escopo) do estudo de ACV

É a fase de planejamento da ACV. Nela são determinados os objetivos, o(s) público(s) alvo (interessados), os recursos necessários e os participantes do estudo. A definição do escopo envolve a descrição do produto a ser pesquisado e de possíveis produtos alternativos. Outras atividades dessa fase são a delimitação da pesquisa (geográfica, temporal, processos analisados, unidade funcional, tecnologia, nível de detalhe da análise, etc), a escolha das categorias e dos parâmetros ambientais que serão analisados, assim como a definição da estratégia de coleta de informação. Essas definições são fundamentais para que os resultados da ACV possam ser utilizados.

A primeira tarefa a realizar no planejamento de uma ACV é determinar o objetivo do estudo, em função das diversas aplicações possíveis. Uma ACV executada, por exemplo, visando a situar o produto em relação a um padrão ambiental existente pode não ter um âmbito adequadamente amplo para ser utilizado no desenvolvimento de um novo produto. Uma análise pode ser produzida para ser usada em determinado local ou situação (um país, um continente) ou ter uma perspectiva mundial. Análises podem ser produzidas para subsidiar decisões do dia-a-dia que podem ser facilmente alteradas, tais como, troca de fornecedores; ou podem ser produzidas para subsidiar decisões mais amplas, como a compra de novo equipamento ou a mudança de uma legislação. O horizonte de tempo do estudo será necessariamente maior no último tipo de análise.

A definição do âmbito (escopo) consiste em definir os limites e a abrangência do estudo. O escopo determina para quais produtos e processos unitários (**unit processes**) deve-se coletar dados, bem como a situação (localização) geográfica e nível tecnológico desses processos. Deve-se também decidir como fixar os limites para outros sistemas de produção que usam os mesmos processos. A definição do escopo inclui ainda escolher os parâmetros ambientais e os métodos para determinação e interpretação dos impactos. O escopo tem como resultado a definição da estratégia para coleta de informação e a lista de informações essenciais para o estudo. Adicionalmente, o escopo pode determinar se é necessária uma avaliação (revisão) independente, bem como o tipo e quem a realizará. Finalmente, o escopo deve descrever o tipo e o formato do relatório a ser produzido.

O produto pode ser descrito tanto como um produto físico (máquina de lavar), quanto um serviço (serviço de lavanderia). É importante especificar a qualidade mínima que ele precisa ter, pois essas especificações representam demandas para os processos e materiais utilizados no ciclo do produto e, portanto, têm conseqüências no impacto ambiental total.

O produto deve ser definido não apenas por suas qualidades inerentes, mas também em relação ao seu uso atual. Isso é freqüentemente chamado de “Unidade Funcional do Produto”, desde que permite a comparação entre produtos com funções semelhantes e não necessariamente entre produtos de mesmo peso e volume. Dessa forma, nem sempre a definição da Unidade Funcional é uma tarefa de realização direta, comparando vários produtos.

Um processo (**unit process**) freqüentemente resulta em mais que um único produto. Não seria razoável considerar o produto principal como único responsável por todas as intervenções ambientais de um processo (de produção) e dos passos precedentes do ciclo de vida do produto (as intervenções ambientais acumuladas do processo de produção). Portanto, é necessário decidir como essas intervenções ambientais serão distribuídas (alocadas) entre os diferentes subprodutos do processo.

O procedimento mais simples para a alocação consiste em baseá-la nos preços relativos de cada produto no ponto da cadeia em que os produtos são separados (ponto de divisão). A idéia por trás dessa alocação econômica do produto é que a atual causa para produção – e por meio disso das intervenções ambientais – é o valor econômico dos produtos. Outra estratégia é realizar a alocação com base no peso (massa) dos produtos.

A delimitação final a ser produzida antes da coleta da informação refere-se à definição de quais parâmetros ambientais ou categorias de informação o estudo irá envolver. A princípio, é possível para uma ACV focar apenas uma substância (CO<sub>2</sub>, por exemplo) ou um tema ambiental ou categoria de impacto (aquecimento global, por exemplo). Na busca por simplificação, muitos pesquisadores e praticantes têm defendido a limitação dos parâmetros ambientais pesquisados nos estudos de ACV.

Contudo, existe também uma corrente contrária a essa simplificação, que defende a introdução de grande número de parâmetros com o intuito de habilitar a ACV a manejar toda a complexidade do atual debate sobre o meio ambiente.

Os parâmetros ambientais que serão incluídos no estudo dependerão do seu peso final na fase de determinação dos impactos ambientais. Para isso, é útil a realização de uma análise de custo/benefício, relacionando o custo para coleta de informações e o peso na determinação do impacto ambiental final.

A estratégia de coleta de informação auxilia na estruturação da fase de inventário, de forma que não se deve coletar um dado a menos que se conheça sua importância. Ela deve descrever também a qualidade dos dados.

A qualidade da informação necessária pode variar em função das diferentes partes do ciclo de vida do produto, ou seja, aquelas partes que têm grande influência no resultado final necessitam de informação de melhor qualidade que aquelas partes que têm menor influência.

### **1.2.2 – Inventário dos processos envolvidos, com enumeração das entradas e saídas do sistema**

É a fase em que se consome a maior parte do tempo. Uma pesquisa preliminar utilizando a informação disponível é suficiente para produzir estimativas iniciais sobre os processos e componentes para os quais a informação não está disponível ou acessível. Uma ACV baseada nessa informação bruta serve para uma rápida identificação daqueles processos e componentes do ciclo de vida que são mais significantes para o resultado. Nessas partes do ciclo é preciso coletar informação adicional.

Dados secundários podem ser obtidos por meio de diversas bases de dados. No entanto, essas bases apresentam problemas relacionados à qualidade da informação e sua obsolescência. Por isso, a confecção de bases de dados que possam ser utilizadas para estudos de ACV vem ganhando importância. Como resultado, foi implantado um projeto, conhecido pela sigla SPOLD (**The Society for the Promotion of Life Cycle Assessment Development**) cujo objetivo é melhorar o acesso a dados de qualidade (OLSSON; WEIDEMA, 1999, 1999).

A confiabilidade e, portanto, a aplicabilidade dos resultados da ACV dependem da qualidade dos dados e de informações originais. Dessa forma, o manejo da qualidade dos dados deve ser uma parte integrada a ACV. Essa qualidade pode ser aferida pelo uso de indicadores para cada conjunto de dados que especificam sua qualidade em relação à maneira como serão utilizados no estudo.

Os indicadores são números semiquantitativos definidos para um conjunto de dados, representando sua qualidade. Weidema e Wesnaes (1997)<sup>3</sup> *apud* Weidema (1997) sugerem cinco indicadores para descrever os aspectos da qualidade dos dados:

- a) Confiabilidade: relata as fontes, métodos e procedimentos de validação empregados na coleta dos dados. O indicador independe dos requerimentos de qualidade da informação, ou seja, uma decisão produzida na definição do escopo não altera a confiabilidade dos dados, e os escores devem ser idênticos se os dados foram usados em outros estudos.
- b) Representatividade: relata as propriedades estatísticas dos dados, isto é, a representatividade da amostra e se ela contém um número adequado de dados para compensar flutuações normais. Da mesma maneira que o “indicador de confiabilidade”, esse indicador não depende dos requerimentos de qualidade de dados para um estudo particular.

Os próximos três indicadores apresentam correlação entre os dados e os requerimentos de qualidade relativos à tecnologia ou condições de produção específicos do estudo de ACV:

- c) Correlação temporal: representa a correlação entre o período de tempo relevante para o estudo e a atualidade dos dados obtidos. Como a tecnologia se desenvolve de maneira muito rápida, dez anos de diferença entre o ano de estudo e o ano dos dados pode alterar totalmente as emissões e a eficiência de produção.
- d) Correlação geográfica: representa a correlação entre a área geográfica relevante para o estudo e a cobertura geográfica dos dados obtidos. Os métodos de produção podem ser totalmente diferentes dependendo da localidade.

---

<sup>3</sup> WEIDEMA, B.P.; WESNAES, M.S. Data quality management for life cycle inventories: an example of using data quality indicators. **Journal of Cleaner Production** (in press). (Earlier version presented to 2nd SETAC World Congress, Vancouver, 1995. 11. 5-9).

- e) Correlações tecnológicas adicionais: relacionam-se e afetam todos os outros aspectos considerados nas correlações geográficas e temporais. Embora os dados possam ter atualidade temporal e representatividade geográfica desejadas, eles podem não ser representativos para empresas, processos ou materiais específicos envolvidos num determinado estudo de ACV. Dessa forma, pode ser preferível utilizar outros dados, apesar de serem considerados mais antigos ou referirem-se a outras localidades.

É importante considerar esses cinco indicadores como uma caracterização independente de aspectos da qualidade dos dados. Obviamente, dados oriundos de áreas “erradas” podem implicar também que as tecnologias utilizadas sejam diferentes daquelas da área de estudo. Contudo, esse aspecto é relatado no indicador de correlação geográfica. No indicador de correlações tecnológicas adicionais relatam-se apenas as diferenças adicionais que ocorrem apesar dos dados serem atuais e oriundos da mesma área geográfica. Por exemplo, caso haja necessidade de dados de um trator produzido na Dinamarca em 1992, mas só haja disponibilidade dos dados de um trator produzido na Inglaterra em 1976, toda a diferença de tecnologia poderá ser atribuída a problemas nas correlações temporal e geográfica. No entanto, se, adicionalmente, os dados da Inglaterra são de um carro e não de um trator, isso seria descrito pelo indicador de correlações tecnológicas adicionais.

De maneira similar, o indicador de representatividade pode ter um “valor” muito bom, enquanto os outros três indicadores de correlação apresentam valores muito ruins. Isso ocorre porque a representatividade não está relacionada ao estudo específico para o qual os dados estão sendo utilizados, mas apenas para os dados em si. Dessa forma, um conjunto de dados pode ser completamente representativo para situação da Inglaterra em 1976, mas ainda assim não ter boa correlação se o estudo for realizado para a indústria dinamarquesa no ano de 1992. Inversamente, um conjunto de dados perfeitamente ajustado, oriundo do estudo de uma empresa, pode não ser completo, e portanto, não ter representatividade para outra área geográfica.

Os dados coletados para todos os processos (componentes) de um sistema de produção devem ser normalizados em relação à Unidade Funcional. São calculadas todas as intervenções ambientais para cada processo, pelo acompanhamento dos fluxos a montante, para extração das matérias-primas; e a jusante, para deposição final dos resíduos. Sistemas de

produção complexos, isto é, com muitas inter-relações, tornam vantajosa a utilização de programas (**softwares**) específicos para ACV.

Qualquer articulação de intervenções ambientais deve ser alocada entre os subprodutos do sistema de produção, seguindo os procedimentos descritos na fase de definição do escopo do estudo de ACV, a menos que isso já tenha sido realmente feito na fase de coleta de dados.

Dessa forma, as contribuições de cada processo para uma mesma intervenção ambiental (por exemplo, SO<sub>2</sub>) podem ser adicionadas para se obter os valores de SO<sub>2</sub> do sistema de produção como um todo. Assim, emissões são agregadas (somadas) embora elas possam se originar de diferentes lugares do ciclo de vida do produto.

O resultado desses cálculos é uma longa lista de intervenções ambientais para cada sistema de produção. Essas listas podem ser diretamente comparadas. Em alguns casos, elas são suficientes para identificar os sistemas de produção cujos impactos ambientais são mais baixos.

No entanto, e, mais freqüentemente, um sistema de produção terá um impacto ambiental mais baixo para algumas intervenções, enquanto outro sistema terá para outras. Esse fato torna a comparação entre sistemas de certa forma complicada. Para que se possa tirar conclusões é necessário agrupar as intervenções ambientais em temas ou categorias de impactos ambientais.

### **1.2.3 – Determinação dos impactos ambientais associados às entradas e às saídas do sistema**

Nessa fase, as diversas intervenções ambientais são agrupadas e convertidas em impactos ambientais potenciais. Adicionalmente, esses impactos potenciais podem ser comparados pela aplicação de pesos.

O primeiro elemento na análise (determinação) dos impactos é a caracterização das intervenções ambientais em relação aos tipos de impactos ambientais conhecidos. Uma visão geral desses impactos é descrita no Quadro 1.1.

Para a caracterização dos impactos ambientais é necessária a existência de uma matriz de conversão que é responsável pela transformação das intervenções em impactos ambientais, num processo que se denomina de classificação/caracterização, o que constitui o primeiro passo ilustrado na Figura 1.3.

Quadro 1.1 – Categorias de impactos ambientais relacionadas a estudos de ACV.

<b>Categorias de impactos relacionadas aos fluxos</b>	
<b>Categorias relacionadas às entradas (inputs)</b>	<b>Categorias relacionadas às saídas (outputs)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de recursos energéticos;</li> <li>• Redução (perda) de recursos, incluindo recursos genéticos, culturais e aqueles relativos à paisagem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquecimento global;</li> <li>• Redução da camada de ozônio;</li> <li>• Impactos toxicológicos na saúde humana;</li> <li>• Impactos ecotóxicos;</li> <li>• Formação de fotooxidantes;</li> <li>• Acidificação;</li> <li>• Eutrofização;</li> <li>• Incômodos, incluindo odores, barulho, vibrações e impactos visuais.</li> </ul>
<b>Categorias de impacto independentes dos fluxos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bem-estar das pessoas, incluindo acidentes e aspectos relacionados à saúde ocupacional;</li> <li>• Bem-estar social;</li> <li>• Bem-estar de animais domésticos ou de laboratórios.</li> </ul>	

Fonte: Weidema (1997).

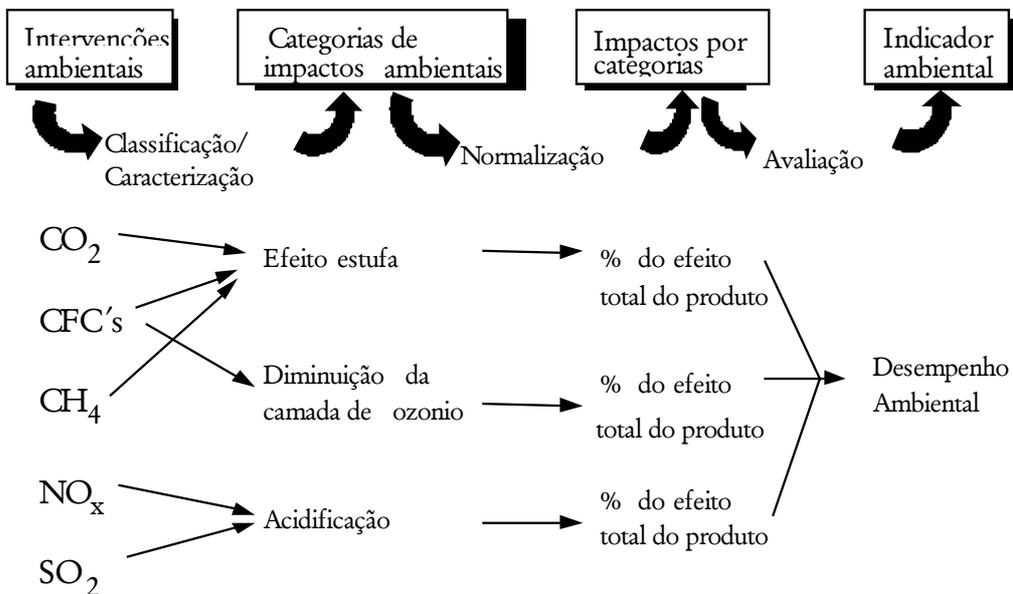


Figura 1.3 – Representação esquemática da caracterização dos impactos ambientais (modificado – Caldeira-Pires, Rabelo e Xavier, 2002, p. 169).

O resultado da caracterização é uma expressão com as contribuições do sistema de produção na forma de impactos ambientais potenciais. Se esses impactos irão realmente ocorrer em meio real, dependerá das condições locais e não podem ser previstos pela ACV.

Quando as intervenções ambientais estiverem traduzidas nos seus potenciais impactos ambientais, pode ocorrer que um sistema de produção seja melhor em algumas categorias de impacto e outro sistema seja melhor em outra.

O elemento final na análise de impacto, portanto é uma ponderação, na qual é definida a importância relativa das categorias de impacto. A ponderação, de certa forma, é um aspecto subjetivo. A idéia é definir, por exemplo, se a categoria de impacto aquecimento global tem importância relativa maior que a categoria eutrofização e, portanto, terá um peso maior na análise do impacto total. De certa maneira, as determinações políticas de redução de impactos ambientais específicos podem ser utilizadas como orientadoras para a ponderação.

#### **1.2.4 – Interpretação dos resultados das fases de inventário e avaliação, considerando os objetivos do estudo**

É a fase final da ACV em que o resultado é determinado e orienta a produção da conclusão final. Antes de extrair as conclusões finais deve-se realizar uma análise de qualidade da informação disponível oriunda da análise (fase) de inventário e da análise de impactos. Normalmente, uma avaliação da qualidade dos dados já será apresentada depois de sua coleta, mas seus resultados devem ser revisados e resumidos para a interpretação.

Freqüentemente, a conclusão consiste em uma ou mais recomendações para melhorias, ou a recomendação de um produto em lugar de outro. Nessa fase, complementarmente à informação ambiental, outros aspectos podem ser incluídos, tais como, argumentos técnicos ou econômicos para escolha entre diferentes possibilidades de melhoria de determinado processo. No entanto, os resultados da ACV devem primeiramente e sobretudo serem interpretados em função do objetivo principal do estudo.

### 1.3 – A APLICAÇÃO DA ACV NA AGRICULTURA

A aplicação da ACV na agricultura é relativamente nova. No entanto, diversos trabalhos têm sido realizados no âmbito da análise do processo de produção agrícola. No Quadro 1.2, mostra-se um panorama geral desses estudos.

Quadro 1.2 – Estudos de ACV relacionados à produção agrícola.

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Tema central do estudo</b>
Kramer et al.	1999	Estudo das emissões de gases de efeito estufa pelo setor agrícola da Holanda.
Cederberg e Mattsson	2000	Identificação dos parâmetros com maior influência nos impactos ambientais de fazendas produtoras de leite na Suécia e suas causas.
Mattsson et al.	2000	Aplicação da ACV no âmbito de um projeto de pesquisa sobre o uso do solo como uma das categorias de impacto em estudos de ACV. Estudo de caso sobre três cultivos: colza (Suécia), soja (Brasil) e mamona (Malásia).
Haas et al.	2001	Análise da adequabilidade da ACV como ferramenta de análise do processo produtivo da agricultura, a partir da comparação dos impactos ambientais de fazendas de pecuária na Alemanha em três sistemas de produção (orgânico, intensivo e extensivo).
Katajajuuri e Loikkanen	2001	Desenvolvimento de bases de dados ambientais. Estudo de caso aplicado à produção de cevada na Finlândia.
Berlin, J.	2002	Estudo dos impactos ambientais da produção de queijo na Suécia.
Caldeira-Pires et al.	2002	Potencial da ACV como ferramenta para análise do processo de produção relacionado à agricultura familiar e à produção orgânica.
Margni et al.	2002	Estudo de ACV visando a desenvolver uma metodologia mais precisa para determinar os impactos ambientais de pesticidas da agricultura.
De Boer	2003	Revisão das perspectivas e restrições da ACV como ferramenta para determinar os impactos ambientais da produção orgânica e convencional de leite.

Uma das razões para o interesse em estudar as alterações provocadas no ambiente pela produção agrícola deve-se ao fato de esse segmento estar relacionado a importantes impactos ambientais. Por exemplo, segundo Kramer; Moll e Nonhebel (1999), o setor agrícola da Holanda é uma importante fonte de gases de efeito estufa, tais como, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. Respectivamente, 47% e 37% das emissões totais holandesas desses gases no ano de 1990 foram oriundas da agricultura.

No Brasil, esforços têm sido feitos para quantificar as emissões antrópicas de gases de efeito estufa, principalmente buscando atender aos compromissos firmados em fóruns internacionais, de maneira especial a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Assim, no âmbito da produção agropecuária, foi implementado o Programa Mudanças Climáticas, sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia, com o objetivo de elaborar o inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa.

Dados desse programa mostram que as principais fontes de emissão de metano na agropecuária são o cultivo de arroz inundado, a pecuária e a queima de biomassa. Conforme Tabela 1.1, a pecuária é uma das mais importantes fontes de emissão de metano na agropecuária.

Tabela 1.1 – Principais fontes de emissão de metano na agropecuária e quantidades emitidas no Brasil em 1994.

<b>Fonte</b>	<b>Emissões de metano (Gigagramas – Gg)</b>
Arroz inundado	283,04
Pecuária <sup>1</sup>	9.751,12
Queima de resíduos agrícolas <sup>2</sup>	130,00
Queima de combustíveis	11,00

Fonte: Lima et al., (2002a); Lima et al., (2002b); Lima et al., (2002) e Rosa et al., (2002).

<sup>1</sup> Considerou-se para o cálculo a fermentação entérica e o manejo de dejetos dos seguintes rebanhos: gado de leite, gado de corte, bubalinos, ovinos, caprinos, eqüinos, muares, asininos e suínos. Para as aves, considerou-se apenas o manejo de dejetos.

<sup>2</sup> Cálculos realizados para a cana-de-açúcar e o algodão herbáceo, consideradas as principais culturas que envolvem processos de queima de resíduos agrícolas no Brasil.

Berlin (2002) argumenta que há necessidade urgente de aumentar os conhecimentos sobre as conseqüências ambientais da produção de alimentos, visando a melhorias que promovam a sustentabilidade. Nesse contexto, realizou-se um estudo de ACV com o objetivo de investigar as conseqüências ambientais de produtos lácteos, de maneira especial a produção de queijo, da Suécia. No estudo concluiu-se que, apesar do queijo ser um produto com alto grau de processamento industrial, os maiores impactos ambientais estavam relacionados à produção do leite.

Dessa forma, a ACV como ferramenta de análise de impactos ambientais da produção de alimentos vem ganhando espaço e é foco de estudos e pesquisas em diversos países, visando a padronizar seus procedimentos. Uma das ações realizadas nesse sentido é a chamada **LCA Net Food** cujo objetivo principal é desenvolver e dar suporte ao aumento do uso dos resultados de estudos de ACV como uma base para decisões estratégicas, táticas e operacionais. Esse objetivo geral pode ser desmembrado em quatro objetivos específicos (OLSSON; WEIDEMA e MEEUSEN, 1999; 2000):

- a) Desenvolver uma rede de trabalho sobre ACV na cadeia de alimentos.
- b) Avaliar e relatar o estado da arte da metodologia de ACV utilizada, com ênfase nas falhas relacionadas à cadeia de alimentos.
- c) Desenvolver um programa estratégico de pesquisa focado na cadeia de alimentos.
- d) Iniciar e promover a formação de uma base de dados européia sobre ACV relacionada à cadeia de alimentos.

Cabe ressaltar, que muitos dos estudos realizados no âmbito da produção de alimentos têm focado as fases de beneficiamento e industrialização. Apenas mais recentemente têm sido realizados estudos de ACV voltados ao processo de produção agrícola, em especial para sistemas produtivos de colheitas únicas. Trabalhos em que são feitas análises de impactos ambientais relacionados ao sistema de produção como um todo são ainda mais raros.

Um dos motivos para tal situação reside no fato de o processo de produção agrícola, bem como a aplicação da metodologia de ACV em produtos da agricultura, apresentar complexidades e particularidades em relação a sua aplicação para produtos da indústria (HASS; WETTERICH e KÖPKE; KATAJAJUURI e LOIKKANEN, 2001, 2001).

Segundo Olsson (1999), o uso da ACV na cadeia de alimentos apresenta algumas particularidades relacionadas à Unidade Funcional; às influências das variações geográficas e climáticas; à grande influência do comportamento dos consumidores e à estrutura da cadeia, com grande número de unidades produtivas de pequena escala (agricultores), o que implica alta variabilidade nos efeitos ambientais e problemas de coleta de dados.

Uma ênfase especial é destinada à questão dos dados, em virtude de sua coleta constituir-se na fase de maior consumo de tempo e recursos nos estudos de ACV, bem como pela dificuldade em realizar tal tarefa. Isso, a princípio, parece um paradoxo, pois, de toda a cadeia de alimentos, a agricultura é a parte do ciclo de vida que apresenta maior quantidade de dados em domínio público. No entanto, esses dados raramente estão numa forma que permita sua relação direta com uma quantidade específica de um produto, necessitando, portanto, de modelagem adicional. Adicionalmente, os dados têm uma variabilidade muito grande, em parte por causa da diversidade das unidades produtivas, cada uma com diferentes métodos de produção; em parte em virtude da variabilidade das próprias condições locais de produção.

Por fim, esses dados não são coletados de uma maneira padronizada (WEIDEMA; MEEUSEN 2000).

Sinteticamente, há necessidade de facilitar a seleção, o intercâmbio e a interpretação de dados para os estudos de ACV, sobretudo, aqueles relacionados ao processo de produção agrícola. Weidema e Meeusen (2000) relacionam os seguintes eixos temáticos para estudos de modelagem, padronização e elaboração de bases de dados:

- a) Dados sobre uso de energia e emissões advindas do uso de combustível em estábulos, máquinas agrícolas, irrigação e secagem de produtos: esses dados estão associados à categoria de impacto de aquecimento global, provenientes das emissões de  $\text{CH}_4$  do rebanho, emissões de  $\text{CO}_2$  do uso de máquinas e equipamentos agrícolas, bem como do transporte de rações e fertilizantes e das emissões de  $\text{N}_2\text{O}$  originadas do uso de adubos sintéticos nitrogenados.
- b) Dados sobre o ciclo e o balanço do nitrogênio, incluindo emissões de animais, estábulos, esterco e cultivos: a volatilização de  $\text{NH}_3$  proveniente da aplicação de adubos/esterco está relacionada à acidificação de ecossistemas. A lixiviação de  $\text{NO}_3$  causa eutrofização e contaminação dos lençóis de água. Finalmente, a emissão de  $\text{N}_2\text{O}$  influencia no potencial de aquecimento global.
- c) Ciclo e balanço de outras substâncias, sobretudo, o fósforo: A lixiviação de  $\text{PO}_4$  está relacionada à eutrofização.
- d) Tipificação de fazendas visando à estruturação da coleta e gestão dos dados: a maior parte dos trabalhos sobre o potencial impacto ambiental de processos de produção agrícola refere-se a fazendas experimentais que não necessariamente representam os correspondentes sistemas de produção (DE BOER, 2003). Dessa forma, é necessária a realização de estudos de ACV no meio real, isto é, em propriedades que sejam representativas dos diversos tipos de sistemas de produção existentes, bem como das diversas condições agroecológicas.

A despeito das lacunas existentes e da necessidade de melhorar o padrão e a qualidade dos dados para a ACV, têm sido realizados estudos em diversos campos da produção agrícola, tanto em escalas amplas, como é o caso de estudos de âmbito nacional, quanto em escalas menores, e alguns estudos chegam às unidades de produção.

Mattsson; Cederberg e Blix (2000) utilizaram a ACV no âmbito de um projeto de pesquisa na Suécia com os seguintes objetivos:

- a) Propor objetivos ambientais para o uso do solo.
- b) Sugerir um conjunto de indicadores para determinar o uso do solo como uma categoria de impacto.
- c) Testar a abordagem sugerida em estudos de caso de culturas oleaginosas.

Os autores argumentam que a ACV agrega uma série de informações em várias categorias relacionadas ao potencial impacto ambiental, como por exemplo, aquecimento global. Nessa categoria, as contribuições de diversos gases, tais como, o CO<sub>2</sub> e o N<sub>2</sub>O, entre outros, são agregadas em equivalentes de CO<sub>2</sub>. O uso do solo é uma dessas categorias, embora seu processo de caracterização ainda não esteja bem trabalhado. As culturas estudadas foram a colza na Suécia, a soja no Brasil e a mamona na Malásia.

Erosão do solo, matéria orgânica, estrutura do solo, pH, impactos sobre a biodiversidade causados pelos cultivos e estoques de fósforo e potássio do solo foram considerados como indicadores razoáveis. Os autores consideram que o uso do solo raramente tem sido levado em conta na ACV, já que não existe disponibilidade dos métodos de determinação desse impacto ambiental. Por sua vez, também ressaltam as dificuldades de obtenção de informações, mesmo para o caso de cultivos importantes.

Kramer; Moll e Nonhebel (2003) consideram que os estudos de ACV para a agricultura têm focado mais fortemente o aspecto do uso de energia, e, portanto, da emissão de CO<sub>2</sub>. As emissões de outros gases de efeito estufa, tais como CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O têm sido pouco estudadas. Dessa forma, os autores realizaram um estudo, utilizando dados médios, visando a calcular integralmente as emissões de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O da produção agrícola holandesa utilizando a abordagem de ACV, com o objetivo de determinar o total de emissões de gases de efeito estufa por unidade física (1 kg) de diferentes cultivos.

No caso do trigo, as atividades agrícolas de aração, colheita e transporte dos grãos e da palha são as principais fontes de emissão de CO<sub>2</sub>. A produção e a aplicação de fertilizante nitrogenado sintético são as principais causas da emissão de N<sub>2</sub>O. As emissões de CH<sub>4</sub> são baixas e relacionadas principalmente ao uso de combustíveis nas operações agrícolas. Não

obstante a massa de CO<sub>2</sub> exceder a de N<sub>2</sub>O, esta última é mais significativa em termos de potencial de aquecimento global (kg CO<sub>2</sub> eq). Dessa forma, as emissões de gases estufa pelo trigo não estão relacionadas apenas ao uso de energia. A produção e a aplicação de fertilizantes nitrogenados, bem como as atividades mecanizadas de aração e colheita são importantes fontes geradoras desses gases.

Pelos cálculos realizados para outros cultivos, verifica-se que existe uma variação muito grande entre as emissões de cada um deles, bem como das fontes dessas emissões. Cultivos destinados ao consumo direto emitem menos gases. Cultivos característicos de produção em pequena escala apresentam emissões baixas, enquanto, produções de larga escala, com alto uso de fertilizantes, pesticidas e maquinários, emitem maior quantidade de gases.

Analisando-se esses resultados observa-se que a determinação de forma integrada, conforme Figura 1.4, da emissão de gases estufa pelas culturas oferece mais informações e novas formas de compreensão sobre essas emissões que uma abordagem apenas das práticas agrícolas. Os **inputs** do ciclo de vida contribuem de maneira considerável para o total de emissões de gases estufa pelas culturas. A emissão desses gases ocorre em várias etapas da cadeia produtiva. Para uma visão global, uma análise de toda a cadeia é, portanto, essencial.

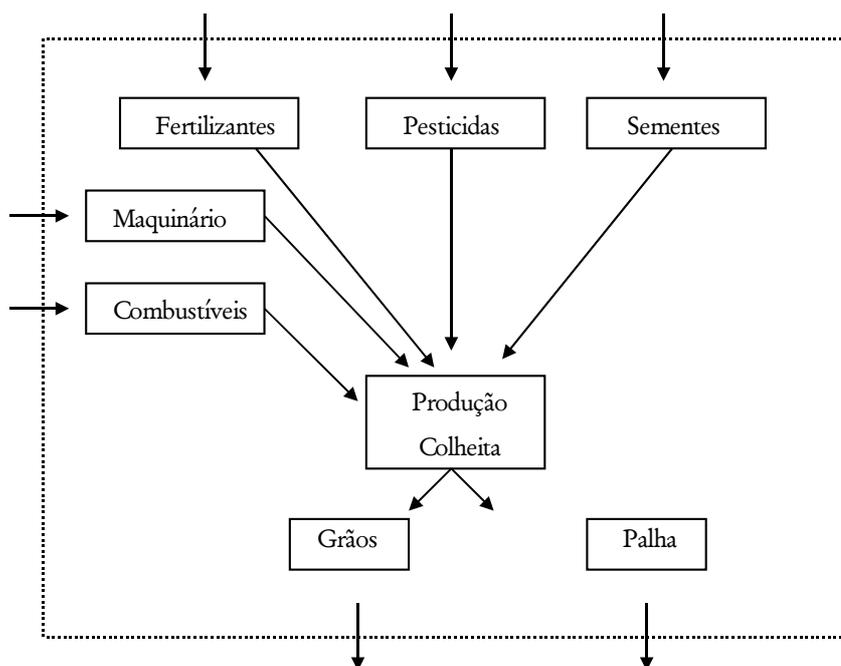


Figura 1.4 – Ciclo de vida da produção agrícola (as linhas pontilhadas indicam os limites do sistema) (modificado – Kramer; Moll e Nonhebel, 2003, p. 10).

Margni et al. (2002) em estudo específico de ACV sobre alguns pesticidas utilizados na agricultura, argumentam, no entanto que, para esse caso específico, as ferramentas de ACV disponíveis incorporam seus impactos de uma maneira ainda pouco refinada, considerando apenas dados toxicológicos e ecotoxicológicos, sem levar em conta seu destino no meio ambiente. Os autores propõem uma metodologia que permita avaliar os impactos ambientais de pesticidas sobre a saúde humana e ecossistemas aquáticos e terrestres, possibilitando comparar diferentes efeitos de exposição, tais como, inalação e ingestão via alimentos ou água.

Na perspectiva das cadeias de produção de alimentos, existem fortes razões para a produção e utilização de informações sobre a origem e diferentes características dos produtos alimentícios, incluindo aspectos ambientais. Isso se relaciona particularmente com a tendência de intensificação da competição nos mercados internacionais. Nesse contexto, agentes-chave da cadeia de produção de alimentos da Finlândia realizaram uma iniciativa ambiental em conjunto, buscando desenvolver uma base de dados com informações ambientais. Esse projeto teve como passo inicial um estudo de caso da ACV aplicado à produção de cevada. Dentre as conclusões desse estudo ressalta-se que, da perspectiva metodológica, a aplicação da ACV em produtos agrícolas demonstrou ser mais complexa do que sua utilização na análise dos produtos industriais convencionais (KATAJAJUURI; LOIKKANEN, 2001).

No caso da pecuária, um dos primeiros estudos de ACV foi realizado por Cederberg e Mattsson (2000), que compararam os impactos ambientais de duas fazendas de produção de leite na Suécia, uma no sistema convencional e outra no sistema orgânico. A incorporação do conceito de ciclo de vida orientou a definição dos limites do estudo, conforme Figura 1.5. O estudo foi conduzido durante um ano agrícola (setembro/1996 a agosto/1997) e, segundo os autores, as maiores diferenças entre as fazendas estão incluídas. Foram consideradas as seguintes categorias de impacto:

- a) Recursos: energia, materiais e uso da terra.
- b) Saúde humana: uso de pesticidas.
- c) Efeitos ecológicos: aquecimento global, acidificação, eutrofização, formação de foto oxidantes, redução da camada de ozônio.

Nesse estudo, observou-se que sistemas agrícolas de baixas entradas, como é o caso do sistema orgânico, apresentam benefícios ambientais. Aparentemente, os maiores benefícios são a redução considerável no uso de pesticidas e fósforo. Considerando outras categorias de impacto, tais como, aquecimento global, acidificação e eutrofização, medidas para redução dos potenciais impactos ambientais da produção de leite precisam ser adotadas em ambos os sistemas.

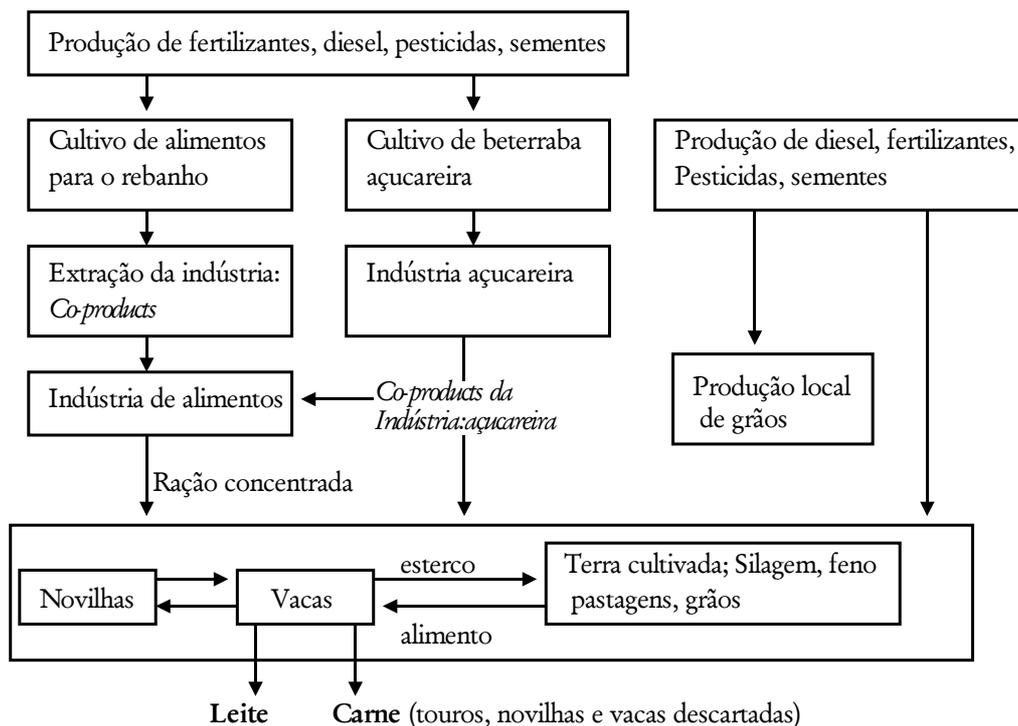


Figura 1.5 – Ciclo de vida da produção de leite de fazendas convencionais e orgânicas na Suécia. Apenas as fazendas convencionais usam fertilizantes e pesticidas nas suas lavouras e nos **co-products** oriundos da indústria açucareira (em itálico) (modificado – Cederberg; Mattsson, 2000, p.51).

Berlin (2002), em função da importância do setor do leite e de outros produtos lácteos na alimentação da população da Suécia, efetuou um estudo de ACV enfocando o processo de produção de um tipo de queijo bastante consumido (o **Hushallsost**, do tipo **semi-hard**), com o objetivo de investigar as conseqüências ambientais da produção de queijo nesse país.

As principais categorias quantitativas de impacto ambiental selecionadas foram uso de recursos, consumo de energia, aquecimento global, acidificação e eutrofização. Os parâmetros-chave dessas categorias são óxido nitroso ( $N_2O$ ), metano ( $CH_4$ ), amônia ( $NH_3$ ) e suas emissões.

Os resultados de cada atividade incluíram a produção, o processamento do ingrediente ou do produto e seu transporte para a próxima atividade. Nesse estudo, demonstrou-se que a fase de produção de leite contribuiu com o maior impacto ambiental em todas as categorias analisadas e que a fase industrial da produção do queijo foi a segunda maior fonte de impactos.

Hass; Wetterich e Köpke (2001) implementaram um estudo na região de Allgäu – Alemanha com o objetivo de comparar os impactos ambientais relevantes de fazendas de pecuária (sistemas de produção) em três níveis tecnológicos (intensivo, sistema orgânico e extensivo). Os indicadores desse estudo (Quadro 1.3) foram selecionados considerando a opinião pública, as políticas agroambientais européias, bem como indicadores normalmente utilizados em estudos de ACV.

Quadro 1.3 – Categorias de impacto e indicadores selecionados na aplicação de ACV na região de Allgäu – Alemanha.

<b>Categoria de impacto</b>	<b>Indicador ambiental</b>
<b>Consumo de recursos</b> Energia Minerais	Uso de energia primária Uso de fertilizantes fosfatados e potássicos
<b>Potencial de aquecimento global</b>	Emissões de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O (equivalentes CO <sub>2</sub> )
<b>Esgotamento dos solos</b> Pastagens Outros ecossistemas	Acumulação de metais pesados Emissões de NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> ; excedente de N e P (em equivalentes de SO <sub>2</sub> e PO <sub>4</sub> )
<b>Qualidade da água</b> Lençol freático (conteúdo de nitrato)	Fertilização nitrogenada, balanço de N do sistema e lixiviação de nitrato
Água de superfície (eutrofização com P)	Fertilização fosfatada, balanço de P e porcentagem de área drenada
<b>Biodiversidade</b>	Pastagens (número de espécies, data do 1º corte), limites (cercas vivas) e margens de campos (densidade, diversidade, estado/cuidados, cercas)
<b>Efeitos estéticos na paisagem</b>	Pastagens, limites (cercas vivas) e margens de campos, manejo dos animais (período, alimentação, local de confinamento do rebanho), <b>layout</b> da fazenda (tipo regional, construções, jardins, árvores, pomar)
<b>Bem-estar dos animais</b>	Sistema de confinamento e suas condições, manejo do rebanho (ex.: luminosidade, espaço, período de pastejo, cuidados dispensados aos animais)

Fonte: Hass; Wetterich e Köpke (2001).

De acordo com indicadores agroambientais específicos foi possível traçar um perfil dos diferentes tipos de sistemas de produção (Figura 1.6). O estudo, segundo os autores, confirmou a conveniência da ACV para a comparação de sistemas de produção, no entanto, ressalta-se a necessidade de desenvolvimento de uma metodologia de ACV específica para a agricultura.

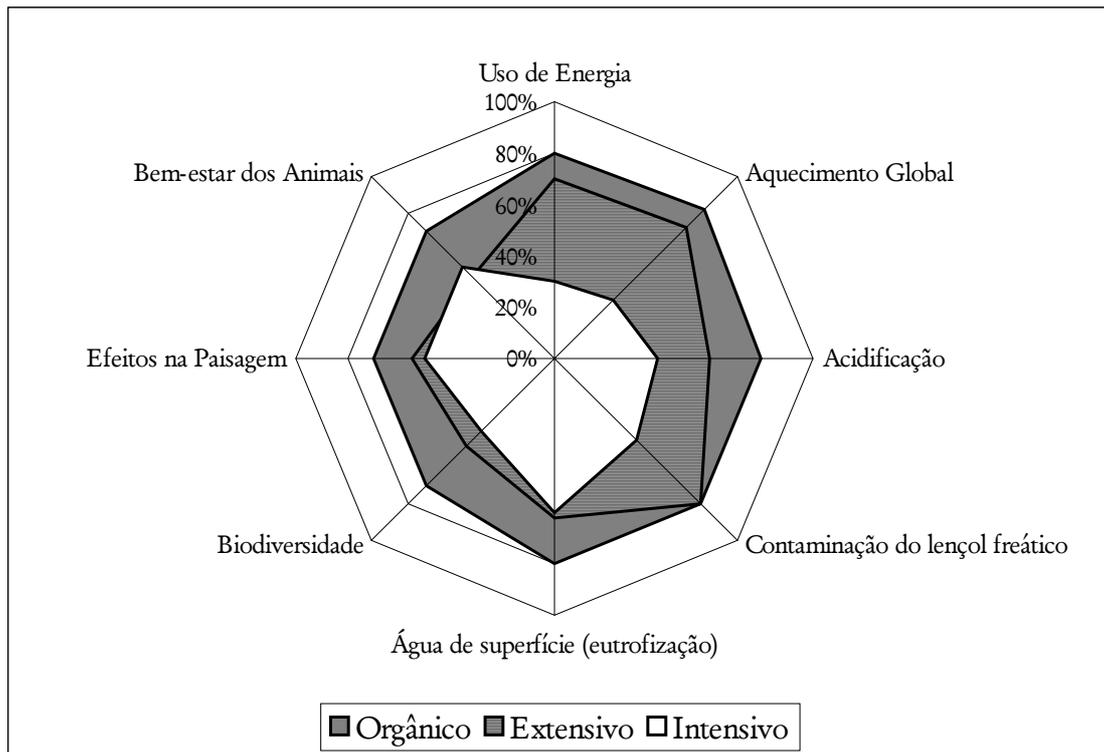


Figura 1.6 – Perfil ambiental e categorias selecionadas de impactos ambientais de três tipos de sistemas de produção na região de Allgäu – Alemanha. Valores maiores dos eixos significam impactos mais positivos, enquanto valores menores significam impactos mais negativos (modificado – Hass; Wetterich e Köpke, 2001, p. 51).

Os estudos aqui apresentados demonstram a importância da análise dos impactos ambientais do processo de produção agrícola, sobretudo, porque ele, como produtor de matérias-primas para a agroindústria, responde por uma parcela significativa dos impactos causados pela cadeia de produção de alimentos.

No Brasil diversas instituições têm realizado esforços, visando a desenvolver metodologias de análise de impacto ambiental, sobretudo em relação às inovações tecnológicas na agricultura. Rodrigues; Campanhola e Kitamura (2002) ressaltam que é necessário um método de avaliação *ex ante* dos impactos ambientais prospectivos de

tecnologias agropecuárias, assim como uma avaliação dos impactos efetivamente observados *ex post* no campo depois da adoção da tecnologia.

Nesse contexto, foi desenvolvido pela Embrapa Meio Ambiente\* o sistema denominado Ambitec-Agro (Sistema de Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária) que é uma ferramenta simples e prática de avaliação do impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária, pronta para a utilização no campo por meio de entrevista/levantamento direcionado ao agricultor responsável pela atividade agropecuária modificada com a adoção da tecnologia. Além disso, o sistema é flexível, permitindo sua adaptação a situações específicas de uso, por meio da alteração dos fatores de importância ou exclusão de indicadores e componentes, quando apropriado.

No âmbito desta dissertação, entende-se que a ACV é uma metodologia que pode ser complementar e útil para tal tarefa ao introduzir a noção de ciclo de vida e permitir sugestões de melhoria com foco ambiental. No entanto, cabe esclarecer que este trabalho não tem por objetivo identificar os impactos ambientais ocorridos em sistemas de produção após a introdução de tecnologias. Mais precisamente, a idéia do trabalho é analisar os impactos ambientais potenciais de diferentes sistemas de produção e os resultados econômicos alcançados, visto que, é preciso conciliar dois objetivos que, à primeira vista, podem ser conflitantes: rentabilidade econômica e redução de impactos ambientais.

Finalmente, cabe ressaltar que grande parte dos estudos apresentada foca apenas um produto. Dessa forma, um dos desafios deste trabalho é utilizar a metodologia de ACV como ferramenta de análise do impacto ambiental, considerando a complexidade do processo de produção da agricultura familiar, uma vez que os sistemas de produção estudados constituem diferentes combinações de agricultura e pecuária.

---

\* Uma das unidades de pesquisa da Embrapa.

## **2 – CARACTERIZAÇÃO DO CONTEXTO SOCIOECONÔMICO E INSTITUCIONAL**

Guanziroli et al. (1998) identificaram fatores que potencializam ou restringem o desenvolvimento de projetos de assentamento de reforma agrária no Brasil. Os principais fatores identificados foram:

- a) O quadro natural (qualidade dos solos, disponibilidade de água, frequência das chuvas e o relevo).
- b) A origem dos assentados e formas de ocupação.
- c) O contexto socioeconômico do entorno do assentamento.
- d) A infra-estrutura básica (estradas, disponibilidade de água, acesso à energia elétrica e à habitação) e os serviços sociais.
- e) Os sistemas de produção agropecuária e a infra-estrutura produtiva.
- f) A organização e as estruturas produtivas.
- g) O crédito rural.
- h) A assistência técnica.
- i) A organização política e as relações institucionais.
- j) A renda agrícola e monetária.
- k) A diferenciação interna entre os assentados.

Dessa forma, o sistema de produção é um dos fatores centrais do desenvolvimento do assentamento. Por sua vez, a geração de resultados econômicos e os impactos ambientais causados pelo funcionamento desses sistemas, que formam o objeto de estudo desta dissertação, influenciam e são influenciados pelos outros fatores.

Procurou-se, portanto, estudar sistemas de produção de uma mesma região, visando a diminuir os efeitos dos outros fatores. O estudo faz parte de um projeto de pesquisa mais amplo desenvolvido no Município de Unaí. Esse projeto, comumente conhecido como Projeto Unaí, trabalha em três assentamentos de reforma agrária do município e é conduzido pela Embrapa Cerrados, em parceria com a Universidade de Brasília (UnB) e o INCRA SR-28 (ZOBY et al., 2001).

Uma das ações do projeto Unai consiste em caracterizar os sistemas de produção existentes por meio de uma tipologia. Com base nessa caracterização e na utilização do mapa de solos do município, montou-se uma rede de estabelecimentos (sistemas de produção) que é acompanhada mensalmente e forma a base de dados para esta dissertação.

Neste capítulo, descrevem-se as principais características do contexto socioeconômico e institucional no qual esta dissertação está inserida. Primeiramente, é feita uma caracterização do Município de Unai, ressaltando os aspectos que auxiliam na compreensão da lógica de exploração dos sistemas de produção e em sua diferenciação. Em segundo lugar, são discutidos os principais elementos do projeto de pesquisa no qual o estudo se insere. De maneira específica, são discutidos os passos para a implantação da rede de estabelecimentos de referência, o método de acompanhamento da rede e de levantamento dos dados. Optou-se por analisar quatro sistemas de produção da rede em um mesmo assentamento. Esse assentamento é, então, caracterizado de maneira sucinta.

## **2.1 – CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE UNAÍ**

O Município de Unai possui 8.438 km<sup>2</sup> e está situado na porção noroeste de Minas Gerais. Insere-se também, devido à sua proximidade com Brasília, na Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno – RIDE, antes denominada Região Geoeconômica de Brasília. A distância do município em relação aos principais centros nacionais e outros pólos regionais é apresentada na Tabela 2.1.

Do ponto de vista do clima, a precipitação média anual oscila entre 1.200 e 1.400 mm, com as chuvas concentrando-se no período de outubro a março, sendo o trimestre mais chuvoso o de novembro a janeiro. A estação seca, com duração de cinco a seis meses, coincide com os meses mais frios. A umidade relativa média varia de 60% a 70%. A temperatura média anual é de 24,4 °C. A máxima média é de 29,8 °C, ao passo que a mínima média é de 14,6 °C (SEBRAE MINAS, 1999).

Tabela 2.1 – Distância entre Unaí-MG, os principais centros nacionais e outros pólos regionais (SEBRAE MINAS, 1999, p. 18).

<b>Cidades</b>	<b>Distância (km)</b>
Paracatu-MG	101
Brasília-DF	165
João Pinheiro-MG	202
Patos de Minas-MG	330
Goiânia-GO	383
Pirapora-MG	411
Uberlândia-MG	497
Belo Horizonte-MG	580
Uberaba-MG	592
Rio de Janeiro-RJ	1.200
São Paulo-SP	1.350

Fonte: Departamento de Estradas de Rodagem – DER/MG.

Segundo levantamento realizado pela Embrapa (MAPA..., 2001) em escala 1:5.000.000, os principais solos encontrados são os Latossolos, Cambissolos, Neossolos litólicos e os Argissolos (Figura 2.1). No entanto, dois aspectos devem ser ressaltados. Primeiramente, esses solos estão classificados conforme o novo sistema brasileiro de classificação de solos (Embrapa, 1999) que estabeleceu novas classes e realizou novas agregações. Na Tabela 2.2, relacionam-se os dois sistemas. Para efeito desta dissertação será usada a terminologia empregada pela antiga classificação de solos (CAMARGO; KLANT e KAUFFMAN, 1987). Em segundo lugar, a escala do mapa não permite detalhamento maior dos solos encontrados. Dessa forma, no que se refere ao relevo e aos solos, o município apresenta uma expressiva diversidade, de acordo com outros levantamentos realizados.

Tabela 2.2 – Correspondência entre as classes de solos definidas com base na antiga e na atual classificação brasileira de solos (modificado – Sousa; Lobato, 2002, p. 385).

<b>Classes de solos</b>	
<b>Classificação antiga</b>	<b>Classificação atual</b>
Cambissolos	Cambissolos
Latossolos	Latossolos
Solos litólicos	Neossolos litólicos
Podzólicos	Argissolos

Fonte: CAMARGO, M.N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. Separata de: **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 12, n.1, p. 11-13, 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília-DF: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412 p.

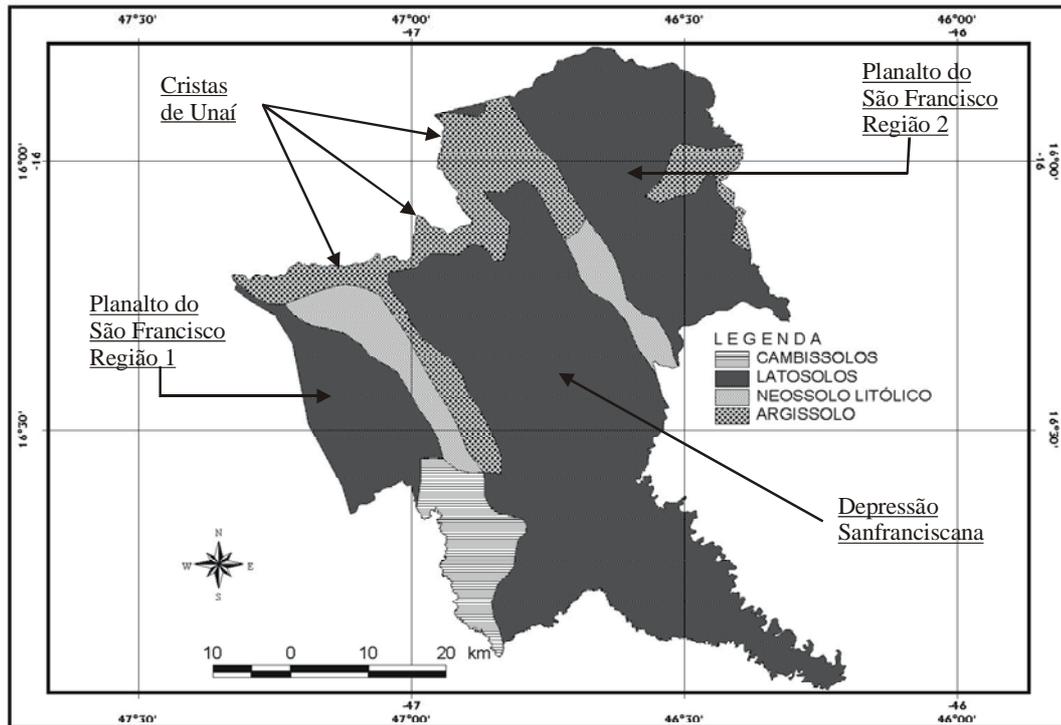


Figura 2.1 – Mapa de solos do Município de Unaí-MG, escala 1:5.000.000 (modificado – Mapa..., 2001).

Os aspectos da diversidade do solo e do relevo estão caracterizados em três regiões distintas: o planalto do São Francisco, os desníveis entre o planalto do São Francisco e a depressão sanfranciscana e as cristas de Unaí. As principais características dessas regiões foram descritas por Naime et al. (1998) e pelo SEBRAE MINAS (1999) mediante diagnóstico do município.

A primeira região, situada no planalto do São Francisco (Figura 2.1), pode ser dividida em duas partes. A primeira, apresenta chapadas com altitudes entre 800 e 1000 metros. Os solos que ocorrem com maior frequência são os Latossolos Vermelho-Amarelos e Latossolos Vermelho-Escuros, de textura argilosa ou muito argilosa. A outra parte apresenta chapadas com cotas de 600 a 800 metros. Os solos encontrados mais frequentemente são os Latossolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Escuros e as Areias Quartzosas. Os Cambissolos aparecem em menor expressão. O relevo, tanto na primeira quanto na segunda parte, varia entre o plano e o suavemente ondulado. Os solos das duas áreas apresentam como principal característica a baixa fertilidade.

Outra região do município localiza-se nos desníveis entre o planalto do São Francisco e a depressão sanfranciscana (Figura 2.1). Essa área possui partes de relevo extremamente variado que vão desde suave-ondulado a montanhoso, sendo as formas mais abruptas encontradas nos limites com a depressão. A depressão sanfranciscana corresponde a extensas áreas rebaixadas, ao longo da drenagem do Rio São Francisco, com 400 a 600 metros de altitude. O relevo é plano ou suave-ondulado, podendo ocorrer partes mais onduladas. Os principais solos encontrados são os Latossolos Vermelho-Escuros, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos. As áreas de várzeas, terraços e planícies fluviais têm, nessa superfície, a maior expressão. São aí dominantes os solos Aluviais e Hidromórficos, sob vegetação de florestas ciliares e campos de várzea.

A terceira região, correspondente às cristas de Unaí (Figura 2.1) é caracterizada por um alinhamento de serras, intercaladas por áreas rebaixadas e planaltos. As mesmas formas características da depressão são verificadas nessa parte. Nas superfícies planas, o solo dominante é o Latossolo Vermelho-Escuro. Ao norte, são encontrados solos Podzólico Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho-Escuro, com maior fertilidade e em relevo preferencialmente ondulado. As cristas propriamente ditas, de relevo ondulado a montanhoso, têm como solos predominantes os Cambissolos e Litólicos de difícil utilização para a exploração agrícola.

Do ponto de vista socioeconômico, a inauguração de Brasília em 1960 permitiu a intensificação do processo de ocupação da região, com expansão da fronteira agrícola. A incorporação dessas novas terras agrícolas foi apoiada e facilitada pela abertura de rodovias, como a BR-040, que interligam Brasília com o restante do País, bem como projetos de aproveitamento e colonização do Cerrado. Esses projetos consolidaram a agropecuária como a principal atividade econômica do município, representando mais da metade do Produto Interno Bruto (PIB), conforme Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Evolução do PIB total e por setor de atividade (%) do Município de Unaí-MG no período de 1985 a 1996, a preços constantes de 1996 (SEBRAE-MINAS, 1999, p. 29).

<b>Ano</b>	<b>PIB total (R\$)</b>	<b>Setor primário (%)</b>	<b>Setor secundário (%)</b>	<b>Setor terciário (%)</b>
1985	120.591.869,11	55,1	5,0	39,8
1986	113.985.325,75	47,9	7,6	44,5
1987	143.360.660,44	56,8	5,5	37,7
1988	150.911.161,29	57,1	6,1	36,8
1989	159.414.938,83	58,5	5,9	35,6
1990	152.396.147,97	56,6	5,5	37,9
1991	182.040.512,60	56,9	8,3	34,8
1992	172.661.290,14	53,1	9,4	37,5
1993	188.423.390,00	54,0	9,9	36,1
1994	194.649.489,01	56,2	10,5	33,3
1995	185.894.641,38	54,4	9,6	35,9
1996	203.556.103,33	55,3	8,7	36,0

Fonte: Governo do Estado de Minas Gerais. Secretaria de Estado do Planejamento e Coordenação Geral. PIB Municipal – Base de dados 1985-96. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1998.

Do ponto de vista agropecuário, Unaí apresenta uma característica especial: a área municipal está dividida em duas partes, conhecidas como as terras da chapada e do vão. As primeiras são terras planas de Cerrado (planalto do São Francisco), ocupadas a partir da década de 1970 por empreendimentos de grande porte. Nessas unidades, destacam-se os cultivos de milho e soja. Esses produtores adotam tecnologias como irrigação por pivô-central e equipamentos agrícolas, obtendo produtividade elevada. Essas terras apresentam menor fertilidade que as do vão, o que exige investimentos em correção do solo e adubação. O vão (depressão sanfranciscana), localiza-se na parte mais baixa e possui terras de melhor qualidade, está composto de estabelecimentos de tamanhos médio e pequeno, dedicando-se à pecuária, sobretudo, para produção de leite e a culturas de subsistência. As explorações típicas de agricultura familiar aparecem nessa região.

Os principais produtos agrícolas do município constam da Tabela 2.4. Destacam-se entre eles o milho, a soja e o feijão que juntos representaram cerca de 89%, 95% e 92% da área colhida, respectivamente nos anos 2000, 2001 e 2002.

Tabela 2.4 – Principais produtos agrícolas do Município de Unaí-MG, em termos de produção e área colhida nos anos 2000, 2001 e 2002.

Produto	Ano					
	2000		2001		2002	
	Área colhida (ha)	Produção (t)	Área colhida (ha)	Produção (t)	Área colhida (ha)	Produção (t)
Algodão (em caroço)	4.663	15.057	2.860	5.720	3.265	8.816
Alho	-	-	-	-	25	200
Arroz em casca	900	1.800	-	-	1.300	1.740
Banana <sup>1</sup>	48	72	50	600	300	540
Cana-de-açúcar	50	2.000	30	1.500	30	1.800
Café	65	234	625	1.500	1.000	2.400
Feijão	33.500	75.500	33.000	63.000	41.000	96.600
Laranja <sup>2</sup>	150	4.500	150	563	150	2.700
Mandioca	600	12.000	100	2.000	200	3.600
Milho	35.000	184.200	30.200	107.280	38.000	204.000
Soja	36.000	90.000	48.000	72.000	55.000	148.500
Trigo	3.000	10.800	1.200	5.040	2.000	8.400
Cebola	165	4.950	100	3.500	65	1.950
Sorgo	3.000	6.000	500	600	2.000	3.600
<b>Total</b>	<b>117.141</b>		<b>116.815</b>		<b>144.335</b>	

<sup>1</sup> Produção em mil cachos, <sup>2</sup> Produção em mil frutos, - Sem informação.

Fonte: IBGE-Produção Agrícola Municipal (2003).

No que se refere à criação de animais, o rebanho mais expressivo é o bovino, conforme Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Principais rebanhos (número de cabeças) do Município de Unaí-MG.

Tipo de Rebanho	Ano				
	1997	1998	1999	2000	2001
Bovino	287.000	280.000	291.800	287.000	302.000
Suíno	20.660	22.000	24.020	23.000	24.100
Eqüino	11.000	10.000	9.500	10.000	11.500
Asinino	50	60	100	100	250
Muar	460	500	600	1.100	1.500
Bubalino	700	210	557	700	1.000
Coelhos	500	700	-	-	-
Ovino	1.200	1.000	900	700	1.000
Aves <sup>1</sup>	216.700	277.000	185.400	180.700	195.000
Caprino	300	400	114	250	300

<sup>1</sup> Contempla galinhas, galos, frangas, frangos, pintos e codornas, - Sem informação.

Fonte: IBGE-Pesquisa Pecuária Municipal (2003).

De acordo com a Figura 2.2, a pecuária aparece como atividade econômica em todos os grupos de estabelecimentos, estratificados por área total. No entanto, ela tem uma expressão relativamente maior nos estabelecimentos com área total entre 10 e 200 ha.

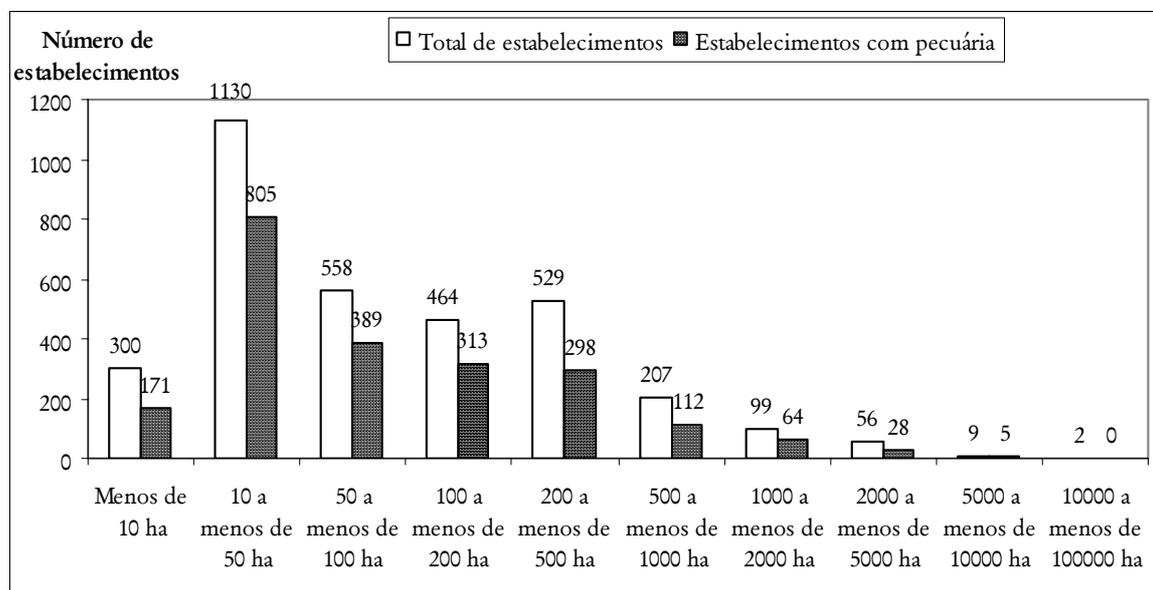


Figura 2.2 – Número de estabelecimentos com pecuária como atividade econômica e total de estabelecimentos agropecuários por grupos de área total do Município de Unaí-MG no ano de 1996 (IBGE-Censo Agropecuário 1995-1996).

Do ponto de vista da pecuária, a produção de leite é uma característica marcante de Unaí. Nesse aspecto, o município possui a Cooperativa Agropecuária de Unaí Ltda. – CAPUL, criada em 1964 e que, inicialmente, dedicava-se mais ao setor agrícola, com a finalidade principal de armazenar e comercializar feijão e milho, embora também recolhesse um pouco de leite. Atualmente, trabalha essencialmente com leite. Sua área de atuação abrange, além de Unaí, outros municípios vizinhos. A CAPUL recolhe diariamente em torno de 180 a 200 mil litros de leite. A média geral de produção, em agosto de 1997, era de 113 litros por produtor/dia. Em agosto de 1999, a média era de 145 litros por produtor/dia. Predominam, numericamente, os pequenos produtores. Em termos do volume diário fornecido à CAPUL, cerca de novecentos produtores produzem menos de cem litros/dia e quase quinhentos fornecem menos de vinte litros/dia (SEBRAE-MINAS, 1999).

Na Figura 2.3, mostra-se a evolução da produção de leite do município. Nota-se que há um incremento da produtividade do rebanho já que a produção aumenta, enquanto o número de vacas ordenhadas permanece em torno de quarenta mil cabeças.

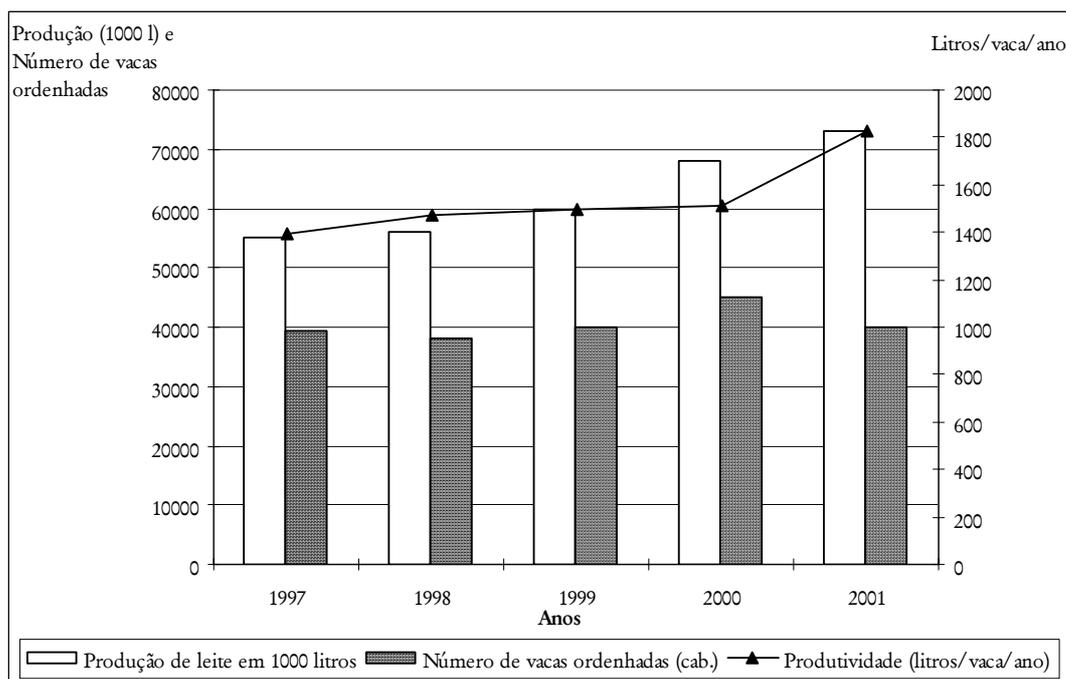


Figura 2.3 – Produção de leite, produtividade e número de vacas ordenhadas do Município de Unaí-MG no período de 1997 a 2001 (IBGE-Pesquisa Pecuária Municipal, 2003).

De maneira geral, dois aspectos parecem ter influência sobre os sistemas de produção. Primeiramente, a diferenciação dos solos entre as regiões, de maneira específica sua fertilidade, que interfere diretamente no funcionamento dos sistemas de produção. Em segundo lugar, e do ponto de vista econômico, o fato de o município ser uma importante bacia leiteira influencia no estabelecimento da pecuária como uma importante atividade econômica, fato que se alia à lógica da agricultura familiar de estabelecer processos de acumulação baseados em animais.

Outra característica importante do município é a forte concentração de assentamentos de reforma agrária. Segundo o SEBRAE-MINAS (1999), no período de 1970 a 1996 houve aumento tanto do número de estabelecimentos agropecuários quanto da área que ocupam. Entretanto, a estrutura fundiária permaneceu sem grandes alterações, com exceção do grupo de área total superior a mil hectares que diminuiu em virtude da implantação dos assentamentos, a partir do parcelamento de algumas propriedades maiores (Tabela 2.6).

Tabela 2.6 – Distribuição percentual da estrutura fundiária do Município de Unaí-MG (SEBRAE-MINAS, 1999, p. 47).

Anos	Total		Grupos de área total dos estabelecimentos									
			Até 10 ha		10 a 50 ha		50 a 200 ha		200 a 1.000 ha		Mais de 1.000 ha	
	Est. (Nº)	Área (ha)	Est. (%)	Área (%)	Est. (%)	Área (%)	Est. (%)	Área (%)	Est. (%)	Área (%)	Est. (%)	Área (%)
1970	1.978	639.705	10,5	0,2	26,6	2,3	34,6	11,5	21,5	29,3	6,8	56,7
1980	2.926	816.264	12,0	0,2	30,0	2,6	32,5	12,1	20,2	30,7	5,2	54,3
1985	3.391	821.226	11,7	0,2	34,8	3,5	29,6	12,7	19,4	32,0	4,5	51,6
1996	3.265	849.470	9,0	0,2	33,7	3,5	30,7	12,2	21,6	35,0	5,0	49,1

Fonte: IBGE – Censos Agropecuários 1970, 1980, 1985 e 1996.

Segundo Torres (1989)<sup>4</sup> *apud* Silva (2001), a origem do processo de luta pela terra na região do noroeste mineiro pode ser entendida, num primeiro momento, como reflexo da crise do regime militar e ascensão dos movimentos sociais, destacando-se a participação da Igreja Católica, mediante a ação das Comunidades Eclesiais de Base (CEBs). O trabalho da igreja aliado ao processo de mobilização dos trabalhadores resultou na criação do Sindicato dos Trabalhadores Rurais (STR) em 1981.

No Estado de Minas Gerais, foram implementados entre 1986 e 1998 cerca de 132 projetos de assentamentos (PA). Unaí abriga cerca de 12% desses projetos. Até 1998 existiam no município 16 projetos de assentamento, abrangendo 45.569 ha e beneficiando 1.023 famílias. Estimando-se uma média de cinco pessoas por família, esses projetos beneficiariam uma população de 5.115 pessoas, o que representaria 6,9% do total da população do município e 22,7% da população rural. No ano de 2001 (Tabela 2.7) havia 21 assentamentos rurais, abrangendo uma área de 60.773 ha e beneficiando 1.621 famílias (SILVA, 2001).

As características do município de maneira particular a diversidade existente em sistemas de produção e aspectos ambientais, assim como o grande número de assentamentos de reforma agrária, foram determinantes na sua escolha para a realização de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), desenvolvido pela Embrapa Cerrados, Universidade de Brasília (UnB) e INCRA – SR 28, voltado para esse público. Este trabalho de dissertação faz parte desse projeto de pesquisa que será detalhado com objetivo de fornecer uma visão geral do contexto institucional no qual este estudo específico está inserido.

<sup>4</sup> TORRES, A.L. **Formação social e mediação: a luta pela terra e a consolidação dos assentamentos rurais em Unaí-MG.** Monografia, 1998.

Tabela 2.7 – Assentamentos/acampamentos rurais no Município de Unaí-MG no ano de 2001 (SILVA, 2001, p. 83).

<b>Projeto de Assentamento/Acampamento</b>	<b>Ano de criação</b>	<b>Famílias</b>	<b>Área (ha)</b>
Bálsamo	1987	63	3.281
Barreirinho	1988	103	1.900
Boa União	1996	100	4.667
Brejinho	1998	106	4.068
Cachoeira	1999	25	1.413
Campo Verde	1998	42	2.330
Canabrava	1999	16	593
Curral do Fogo	1999	130	4.500
Divisa Verde*	1999	30	-
Jibóia	1998	55	1.660
Larga/Rosário*	1997	50	-
Menino Jesus*	1999	28	-
Nova Califórnia	1997	46	1.915
Núcleo de C. R. Preto	1975	152	3.912
Palmeirinha	1986	183	6.146
Paraíso	1997	78	3.915
Picos	1981	7	390
Pingo D'Águas/Santa Maria	1998	60	2.553
Renascer	1996	45	1.515
São Miguel	1999	90	5.068
Santa Clara Furadinho	1995	42	1.293
São Pedro/Cipó	1992	80	5.280
Tabocas*	1981	40	1.750
Vazante	1998	50	2.624
<b>Total</b>		<b>1.621</b>	<b>60.773</b>

\* Acampamentos.

Fonte: INCRA-DFE/MG e Comissão Estadual de Reforma Agrária do Estado de Minas Gerais (CORA-MG).

## 2.2 – O PROJETO UNAÍ

A Embrapa Cerrados, considerando a importância da agricultura familiar, estabeleceu no seu II Plano Diretor, como diretrizes estratégicas (EMBRAPA CERRADOS, 2000):

- a) A colaboração em programas que visem à incorporação dos agricultores excluídos do processo produtivo.
- b) A promoção de ações que aumentem a eficiência dos processos de difusão e transferência de tecnologia.

Além disso, definiu como projeto estratégico, o apoio aos assentamentos de reforma agrária, os quais se inserem na lógica da produção familiar.

Um dos resultados dessas diretrizes é o projeto “Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária”, que foi aprovado no CNPq, e está sendo executado no Município de Unaí – MG pela Embrapa Cerrados, o Grupo de Trabalho de Apoio à Reforma Agrária (GTRA/DEX) da Universidade de Brasília (UnB) e o INCRA SR-28. Esse projeto, comumente chamado de Projeto Unaí, iniciou-se em 2002 e conta localmente com diversas parcerias, destacando-se a Escola Estadual Juvêncio Martins Ferreira (escola agrícola), o Sindicato dos Trabalhadores Rurais, a EMATER-MG, a Cooperativa Agropecuária de Unaí Ltda (CAPUL) e a Prefeitura Municipal.

O Município de Unaí-MG foi selecionado tendo em vista sua representatividade no que se refere ao número de assentamentos e à diversidade de ambientes. Nesse município, foram escolhidos três assentamentos que representam a diversidade de situações agroecológicas, sobretudo no aspecto solo, e tipos de sistemas de produção. O Projeto Unaí atua nos assentamentos Jibóia, Santa Clara Furadinho e Paraíso.

O objetivo do projeto é promover o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária da região do Distrito Federal e Entorno – INCRA SR-28, adaptando uma metodologia participativa de intervenção no meio real, que favoreça a utilização de inovações tecnológicas e sociais pelos assentados (ZOBY et al., 2001).

O projeto é orientado pelos conceitos da Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Nesse caso, a abordagem de P&D pode ser definida como “a experimentação em escala real e em colaboração estreita com os produtores dos melhoramentos técnicos, econômicos e sociais dos sistemas de produção e das modalidades de exploração do meio” (JOUVE; MERCOIRET, 1992, p. 2). Esses autores argumentam que a P&D pode ser entendida como um processo para colocar a pesquisa em sistemas de produção a serviço do desenvolvimento rural e apresentam as seguintes características de base:

- a) A abordagem é baseada em uma importante constatação: não basta experimentar e gerar técnicas que permitam melhorar o funcionamento e a produtividade das unidades de produção, deve-se assegurar que os agricultores que administram esses estabelecimentos tenham os recursos necessários para adotar esses melhoramentos e

tenham interesse em fazê-lo. Um processo durável de inovação deve ser fundamentado nas condições reais nas quais se realiza a produção agrícola, nas dificuldades e variáveis que determinam as estratégias dos agricultores.

- b) O processo de P&D implica modificação sensível das relações que existem entre a pesquisa, a extensão e os produtores. A P&D propõe que o esquema linear no qual a pesquisa gera conhecimentos, a extensão difunde esses conhecimentos e o produtor os adota, seja substituído por uma relação triangular recíproca entre os diferentes participantes e em todas as etapas do processo de transformação das condições de produção.
- c) A adoção durável de inovações técnicas e, ainda mais, o manejo delas pelos produtores, depende de condições que estão ligadas ao abastecimento de insumos, à comercialização dos produtos (preços, mercados), à administração das fazendas e dos recursos humanos, entre outros. A P&D considera que essas condições não são apenas dificuldades externas. São fatores sobre os quais se influirá, buscando com os produtores formas de organização que lhes permitam um manejo melhor dessa condição de produção. Em consequência, as estratégias de desenvolvimento, assim como os modos de organização dos produtores, são objeto de estudos, da mesma maneira que o funcionamento ou o melhoramento dos sistemas de produção. Isso significa que as inovações técnica e social são dois aspectos complementares e indissociáveis de um mesmo processo de transformação.
- d) Se P&D leva em conta as condições da organização social dos produtores para a administração de seus recursos, não se pode limitar a análise e a intervenção às unidades de produção. Isso implica, entre outras coisas, que P&D também se preocupe com as formas de manejo do espaço pelas comunidades.

Como em outros enfoques de pesquisa, o processo de P&D compreende três grandes fases, entre as quais existem muitas interações (JOUVE; MERCOIRET, 1992):

- a) A análise e o diagnóstico: todo trabalho de P&D inicia-se com essa fase, mas ela é contínua durante todo o trabalho para avaliar os efeitos das inovações experimentadas. O produto da análise é um diagnóstico das dificuldades e das possibilidades de melhoramento dos sistemas de produção e dos sistemas agrários com o objetivo de determinar as ações que devem ser realizadas com prioridade.

- b) A experimentação das inovações: inovações são experimentadas para gerarem respostas apropriadas aos problemas identificados pelo diagnóstico inicial. Essa experimentação envolve ao mesmo tempo o melhoramento técnico dos sistemas de produção e a organização dos produtores.
- c) A extensão e transferência dos resultados: consiste em buscar estratégias e métodos de extensão dos produtos gerados e da apropriação dos resultados pelos agricultores.

Na Figura 2.4, mostram-se as fases do enfoque de P&D e a metodologia utilizada na execução do Projeto Unaf. Cabe ressaltar que o projeto contempla três linhas básicas de ação, complementares e indispensáveis:

- a) Apoio à organização social dos assentados.
- b) Validação de tecnologias efetuada em uma rede de estabelecimentos de referência.
- c) Uso de pesquisas de mercado, de estudos de canais de comercialização e de cadeias produtivas como instrumentos de apoio à inserção dos assentados no mercado.

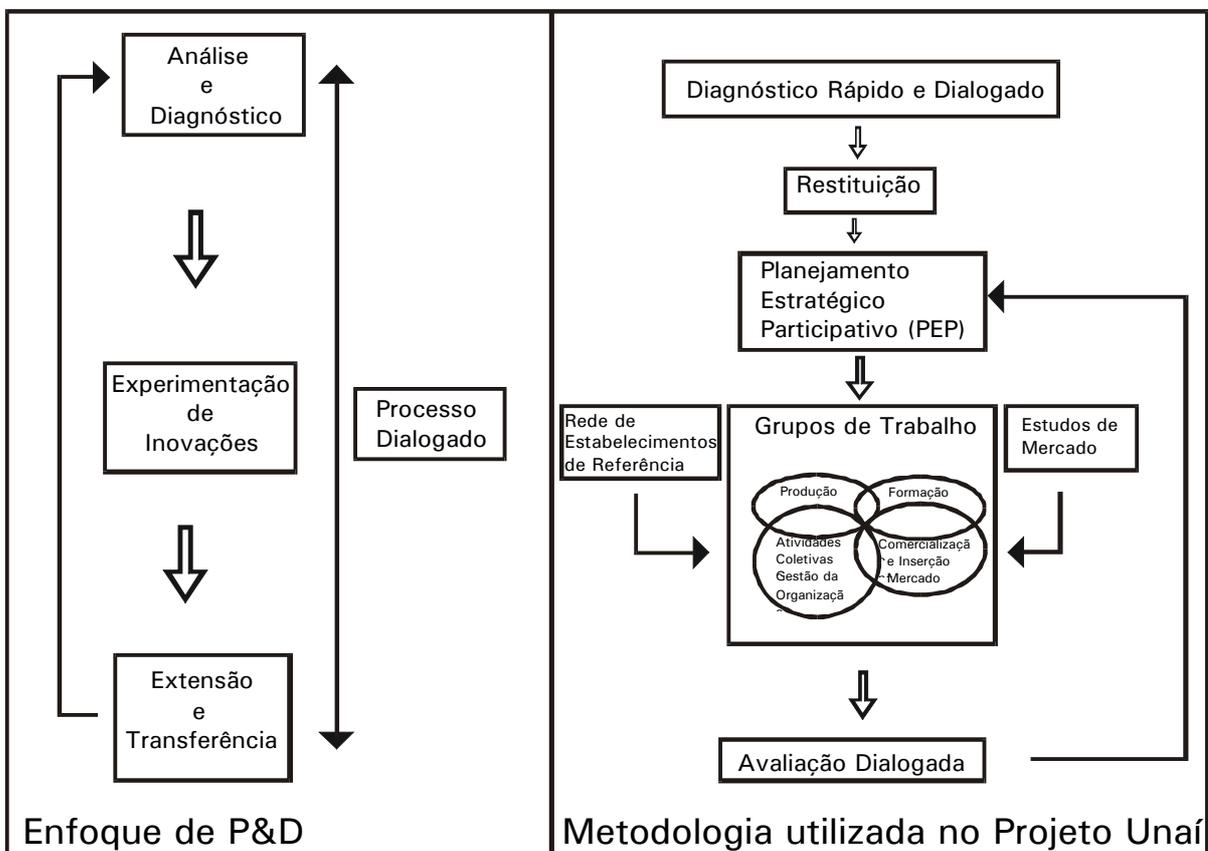


Figura 2.4 – Representação esquemática das fases do enfoque de P&D e da metodologia utilizada pelo Projeto Unaf (Zoby et al., 2001, p. 21).

A idéia básica é que a partir de um diagnóstico rápido, participativo e dialogado os assentados possam identificar os problemas enfrentados e os potenciais que podem ser explorados, para subsidiar um processo de planejamento participativo que permita identificar, priorizar, implantar, acompanhar e avaliar as ações (inovações) necessárias à construção do seu próprio processo de desenvolvimento. Essas ações são subsidiadas por trabalhos específicos no âmbito da produção, da organização e da inserção no mercado. As informações geradas são chamadas de referências e são utilizadas para beneficiar outros assentamentos, ampliando a escala do processo.

Esta dissertação faz parte da linha de ação que estuda o processo de produção dos assentados e seus respectivos sistemas. Essa ação articula-se em torno de uma rede de estabelecimentos de referência\*, que são selecionados para representar as principais situações agroecológicas e socioeconômicas dos sistemas de produção. Essa rede é a base para a coleta de dados destinada a realização deste trabalho.

Essa ferramenta baseia-se particularmente em trabalhos realizados na França por instituições de desenvolvimento e por grupos de produtores e, posteriormente, a partir de 1984, na Venezuela, Chile, Costa Rica e Brasil (BONNAL;CASTILLO; DOLLE, 1992). A rede de estabelecimentos de referência é um dos dispositivos utilizados no enfoque de P&D e fundamenta-se em uma reflexão comum entre técnicos e produtores, de acordo com a realidade, com o objetivo de identificar as práticas dos agricultores e suas implicações, identificar com os produtores os problemas dos sistemas de produção, testar e validar inovações tecnológicas e acompanhar a evolução dos sistemas de produção (BONNAL et al.; GASTAL et al., 1994a,1997).

Segundo Bonnal et al. (1994a), a rede de estabelecimentos de referência apresenta certas particularidades que a diferencia de outros dispositivos que devem ser ressaltadas. Primeiramente, o comprometimento de técnicos e de produtores é uma necessidade. Particularmente, esses últimos são a peça principal do dispositivo, já que são, ao mesmo tempo, a fonte de informação e os usuários dos resultados. Nesse aspecto, as organizações dos produtores assumem importante papel com a finalidade de motivar os produtores e

---

\* Originalmente, essa ferramenta foi denominada Rede de Fazendas de Referência. No entanto, decidiu-se, no âmbito do projeto, utilizar o termo estabelecimento, em função do público trabalhado.

facilitar a circulação da informação. Em segundo lugar, a utilização dos dados da rede consiste em gerar um processo de raciocínio coletivo com base em dados individuais. Para isso, torna-se necessário realizar estudos que permitam caracterizar a variabilidade das condições de produção, como é o caso da tipologia de sistemas de produção e o zoneamento agroecológico.

A implantação desse dispositivo no Projeto Unai iniciou-se pela discussão com os assentados e suas organizações sobre a proposta de trabalho. Essa discussão buscou envolver, motivar e comprometer os assentados. A partir daí foram estabelecidos os passos e as etapas a serem seguidos para a aplicação da metodologia de trabalho.

Os passos utilizados para estabelecer a rede de estabelecimentos de referência e conduzir seu acompanhamento são apresentados a seguir.

### **2.2.1 – Caracterização da variabilidade do meio socioeconômico e agroecológico dos assentamentos trabalhados**

A caracterização da variabilidade do meio socioeconômico foi feita utilizando-se uma tipologia de sistemas de produção. A tipologia tem por objetivo identificar e caracterizar grupos homogêneos, buscando entender o processo de diferenciação entre os produtores (BONNAL et al., 1996). O estabelecimento de uma tipificação dos sistemas de produção é uma forma de reconhecer que o meio rural não é homogêneo e que existe uma diversidade relacionada às formas de exploração dessas unidades produtivas e aos fatores limitantes ao seu desenvolvimento.

De maneira geral, os sistemas de produção identificados constituem-se em combinações de agricultura e pecuária. No caso da agricultura, predominam os cultivos de milho e arroz. O fato de o município de Unai constituir importante bacia leiteira tem forte influência no que se refere à pecuária. Assim, ela é, de maneira geral, orientada para a produção de leite.

Esses sistemas inserem-se perfeitamente na lógica de produção familiar. O agricultor e sua família gerenciam um processo de produção visando a garantir um fluxo mínimo financeiro que assegure a subsistência da família. Essa função é desempenhada, na grande

maioria, pela venda de leite (**in natura** ou na forma de queijo) ou de mão-de-obra. Os cultivos cumprem a função de garantir uma parte da subsistência alimentar da família e funcionam como complemento de renda.

As combinações particulares desses elementos resultam em tipos específicos de sistemas de produção. As variáveis utilizadas e os tipos identificados encontram-se no Quadro 2.1. A definição desses tipos foi feita a partir da análise de 99 questionários aplicados em reuniões nos três assentamentos. Ressalta-se que foram convidados todos os produtores dos assentamentos, estimados em torno de 150 famílias. Dessa forma, o número de questionários analisados representa em torno de 66% do total de famílias. A tipologia foi restituída aos agricultores em reuniões nos assentamentos com o objetivo de validá-la.

Pelos dados da Tabela 2.8, verifica-se que os tipos identificados não se distribuem de maneira uniforme entre os assentamentos. Os PAs Santa Clara Furadinho e Paraíso apresentaram a maior diversidade em termos de tipos de sistemas de produção. O assentamento Santa Clara Furadinho obteve a maior concentração do sistema de produção caracterizado pela produção de queijo. Ao que parece, essa é uma estratégia dos assentados visando a melhorar o preço do produto, quando ele é entregue a atravessadores e não diretamente à cooperativa (CAPUL). O PA Jibóia encontra-se em fase inicial, provavelmente, por isso, foram identificados com maior frequência os sistemas de subsistência, já que ainda não haviam sido implantados projetos de investimentos destinados a estimular o processo produtivo. O PA Paraíso apresentou-se como o mais consolidado em termos da comercialização do leite. Esse assentamento possui três tanques coletivos de resfriamento de leite e uma associação de produtores de leite filiada a CAPUL.

Quanto ao meio agroecológico, utilizou-se o mapa de solos da região, já que a variabilidade dos solos aparece como uma das principais causas da diversidade do meio natural e dos modos de exploração dos sistemas de produção. Além disso, foram feitas visitas de campo, com o objetivo de confirmar os solos identificados no mapa.

O cruzamento da tipologia de unidades de produção e do mapa de solos gera uma matriz resumindo as principais situações existentes. Essa matriz foi utilizada como base para a escolha dos estabelecimentos componentes da rede.

Quadro 2.1 – Tipologia de sistemas de produção de três assentamentos de reforma agrária do Município de Unaí-MG e variáveis utilizadas (Zoby et al, 2003, p. 167).

Tipos	Variáveis			
	Gado	Venda de leite ou queijo	Agricultura	Fontes de renda
<b>Produtores de subsistência sem leite</b>	Não possuem gado ou possuem rebanho pequeno. Em poucos lotes há produção de leite e é apenas para consumo familiar	Ninguém vende leite nem queijo.	A agricultura é principalmente para o consumo da família e alimentação das pequenas criações. Poucas famílias vendem produtos agrícolas. Há grande número de lotes que não possuem lavouras.	A maioria das famílias vende mão-de-obra. Essa é, provavelmente, a principal fonte de renda. Algumas famílias recebem rendas externas tais como, bolsa-escola, aposentadoria, prestação de serviço, etc. Algumas famílias vendem produtos oriundos de outras criações (ovos, frango e porcos) e de transformação caseira (farinha, polvilho, rapadura, doces, etc). Ocorre, em alguns casos, a venda de produtos oriundos de atividades manuais: corte e costura, bordado, etc.
<b>Produtores de subsistência com leite para consumo</b>	Número de animais maior (1 a 10 vacas). Produção de leite para o consumo.	Ninguém vende leite nem queijo.	Em todos os lotes há lavouras. A agricultura é principalmente para o consumo da família e alimentação de pequenas criações. Algumas famílias vendem produtos agrícolas.	A venda de mão-de-obra é ainda importante na renda familiar, apesar de não ser utilizada em todos os sistemas. Algumas famílias recebem rendas externas. Há venda de produtos oriundos de outras criações e de transformação caseira.
<b>Produtores de queijo</b>	O rebanho aumenta (2 a 11 vacas). Todas as famílias possuem pelo menos 2 vacas.	Todas as famílias vendem queijo.	Em todos os lotes há lavouras. A agricultura, além de ser para o consumo da família e alimentação das pequenas criações, também se destina à alimentação do gado. Algumas famílias vendem produtos agrícolas.	Todas as famílias incorporam a venda de queijo. Grande número de famílias vende mão-de-obra. Algumas famílias recebem rendas externas. Há venda de produtos oriundos de outras criações e de transformação caseira.
<b>Produtores de leite menos intensivos</b>	De maneira geral o número de animais aumenta (4 a 11 vacas).	Todas as famílias vendem leite.	Poucas famílias vendem produtos agrícolas. Na maioria dos lotes há lavouras. A agricultura, além de ser para o consumo da família e das pequenas criações, também se destina à alimentação do gado.	Todas as famílias vendem leite <b>in natura</b> (1 a 30 litros por dia). Poucas famílias vendem mão-de-obra. No entanto, para algumas, ela ainda é importante. Algumas famílias recebem rendas externas. Há venda de produtos oriundos de outras criações e de transformação caseira. Ocorre, em alguns casos, a venda de produtos oriundos de atividades manuais
<b>Produtores de leite mais intensivos</b>	Rebanhos maiores (4 a 35 vacas).	Todas as famílias vendem leite.	Poucas famílias vendem produtos agrícolas. Na maioria dos lotes há lavouras. A agricultura, além de ser para o consumo da família e das pequenas criações, também se destina à alimentação do gado.	Todas as famílias vendem leite <b>in natura</b> (12 a 115 litros por dia). Poucas famílias vendem mão-de-obra. No entanto, para algumas, ela ainda é importante. Algumas famílias recebem rendas externas. Há venda de produtos oriundos de outras criações e de transformação caseira. Ocorre, em alguns casos, a venda de produtos oriundos de atividades manuais.

Tabela 2.8 – Distribuição dos tipos de sistemas de produção em função dos assentamentos (Zoby et al., 2003, p. 168).

Tipos	Assentamentos							
	Jibóia		Santa Clara		Paraíso		Total	
	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
<b>Produtores de subsistência sem leite</b>	14	46,67	5	17,86	3	7,32	22	22,22
<b>Produtores de subsist.com leite p/ consumo</b>	14	46,67	1	3,57	7	17,07	22	22,22
<b>Produtores de queijo</b>	1	3,33	12	42,86	2	4,88	15	15,16
<b>Produtores de leite menos intensivos</b>	0	0,00	3	10,71	17	41,46	20	20,20
<b>Produtores de leite mais intensivos</b>	1	3,33	7	25,00	12	29,27	20	20,20
<b>Total</b>	30	100,00	28	100,00	41	100,00	99	100,00

### 2.2.2 – A implantação da rede de estabelecimentos de referência: escolha dos estabelecimentos

A escolha dos estabelecimentos foi feita por meio de um processo de diálogo e negociação com os assentados. Foram novamente discutidas as informações sobre a diversidade dos sistemas de produção, a necessidade de mais conhecimento sobre o funcionamento desses sistemas, os objetivos da rede e os resultados que ela deve gerar para beneficiar os agricultores, a importância da representatividade da rede e o perfil necessário aos seus integrantes. Foram apresentadas listagens com os assentados pertencentes a cada tipo, para que fossem indicados aqueles que melhor se adaptavam aos critérios discutidos. Essa estratégia visou a garantir que a escolha dos estabelecimentos fosse feita em grande parte pelos assentados, gerando maior comprometimento entre os integrantes da rede, os técnicos e o grupo. Foram escolhidos 18 estabelecimentos, conforme Tabela 2.9.

Tabela 2.9 – Distribuição dos tipos de sistemas de produção na rede de estabelecimentos de referência do Projeto Unai.

Tipos	Assentamentos		
	Jibóia	Sta Clara	Paraíso
<b>Produtores de subsistência sem leite</b>	03	02	0
<b>Produtores de subsist.com leite p/ consumo</b>	02	0	01
<b>Produtores de queijo</b>	0	02	01
<b>Produtores de leite menos intensivos</b>	0	02	01
<b>Produtores de leite mais intensivos</b>	0	02	02
<b>Total</b>	<b>05</b>	<b>08</b>	<b>05</b>

A escolha dos estabelecimentos buscou também manter uma distribuição semelhante a dos tipos no conjunto dos três assentamentos (Figura 2.5).

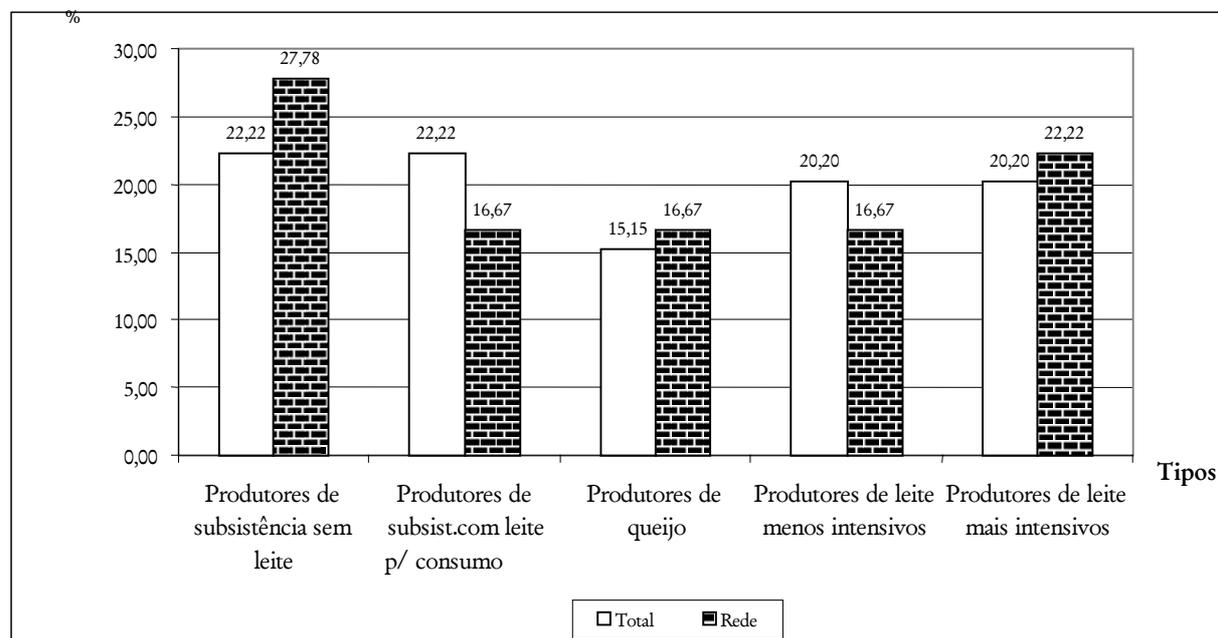


Figura 2.5 – Distribuição percentual dos tipos de sistemas de produção identificados em três assentamentos de Unaí-MG e na rede de estabelecimentos de referência do Projeto Unaí.

### 2.2.3 – O método de acompanhamento dos estabelecimentos

O método de acompanhamento baseou-se no estudo das práticas dos produtores. Segundo Milleville (1992), uma prática pode ser definida como a forma concreta de atuação que é parte da seleção feita pelo produtor, ou seja, de uma decisão que ele toma, considerando seus objetivos e suas condições.

Para este trabalho, os sistemas foram acompanhados durante o período de out. 2002 a jun. 2003. Foram acompanhadas variáveis estruturais, de funcionamento e de resultados, nos níveis técnico e socioeconômico.

As variáveis estruturais dizem respeito à situação patrimonial: a área da propriedade e sua distribuição, o tamanho do rebanho, os equipamentos, as benfeitorias e os estoques de produtos e insumos. Além disso, levantou-se a composição do núcleo familiar. Esses dados foram coletados no início e no final do período.

As variáveis de funcionamento e de resultados dizem respeito à caracterização do processo produtivo. Esses dados foram coletados mensalmente. Levantaram-se as seguintes informações:

- a) Fluxo de caixa: Todos os ingressos e gastos do sistema de produção. No caso dos ingressos foram coletados dados relacionados à pecuária, agricultura, outras criações (aves, suínos, etc), produtos transformados (queijo, farinha, polvilho, etc), serviços, venda de ativos (equipamentos, máquinas, etc), empréstimos e atividades não agrícolas (bolsa-escola, vale gás, aposentadoria, etc). No caso dos gastos, foram coletados dados relacionados à pecuária, agricultura, outras criações, produtos transformados, serviços, gastos gerais (energia, impostos, manutenção de equipamentos e benfeitorias, etc), investimentos, pagamentos de empréstimos e despesas familiares.
- b) Itinerários técnicos dos cultivos: O itinerário técnico é definido como uma combinação lógica e ordenada de técnicas que permitem controlar o meio e obter uma produção dada (SEBILLOTE, 1974<sup>5</sup>; 1978<sup>6</sup>, *apud* MILLEVILLE, 1992). Foram medidas as áreas de todas as lavouras conduzidas pelo agricultor e coletados dados técnicos e econômicos de cada uma delas, referentes às práticas realizadas, tais como, preparo de solo, plantio, adubação, adubação de cobertura, controle de ervas daninhas, manejo fitossanitário e colheita.
- c) Uso de mão-de-obra: Foram coletados dados relativos a quantidade e tipos de serviços executados no lote e o tipo de mão-de-obra utilizada (familiar, temporária, troca de dias, etc).
- d) Manejo do rebanho: Foram coletados dados relativos ao manejo sanitário, alimentação e mineralização. Nos tipos de sistema de produção mais voltados à produção de leite, foi realizado o controle leiteiro, com pesagens mensais da produção individual das vacas.
- e) Informações pluviométricas: Em cada lote foi instalado um pluviômetro para acompanhamento da quantidade e distribuição das chuvas no lote.

---

<sup>5</sup> SEBILLOTE, M. Agronomie el agriculture. Essay d'analyse des taches de l'agronome. **Série Biologie**, Cah. ORSTOM, n.24, p.3-25, 1974.

<sup>6</sup> SEBILLOTE, M. Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. **C.R. Acad. Agric. Fr.** n. 11. p. 906-913.

A rede de estabelecimentos de referência possibilita uma boa compreensão dos sistemas acompanhados, pois permite refletir sobre um processo de produção real, analisando a validade das práticas utilizadas e os resultados alcançados.

Decidiu-se, no âmbito dessa dissertação, analisar os sistemas de produção dos tipos mais avançados do ponto de vista da produção, ou seja, os produtores de leite menos intensivos e os produtores de leite mais intensivos, num mesmo assentamento: o PA Santa Clara Furadinho. Essa escolha foi feita visando a realizar a análise dos resultados econômicos alcançados, bem como dos potenciais impactos ambientais desses sistemas numa condição semelhante de fatores que influenciam o desenvolvimento do assentamento.

### 2.3 – CARACTERIZAÇÃO DO ASSENTAMENTO ESTUDADO

O assentamento Santa Clara Furadinho situa-se na região da depressão sanfranciscana (vão), ou seja, na parte mais baixa do município. Fica a 54 km da sede do município (Figura 2.6) e beneficia 42 famílias. As informações para essa caracterização são oriundas do diagnóstico realizado pelo Projeto Unai em que foram entrevistados 28 assentados (Tabela 2.8) e da fase posterior de planejamento participativo.

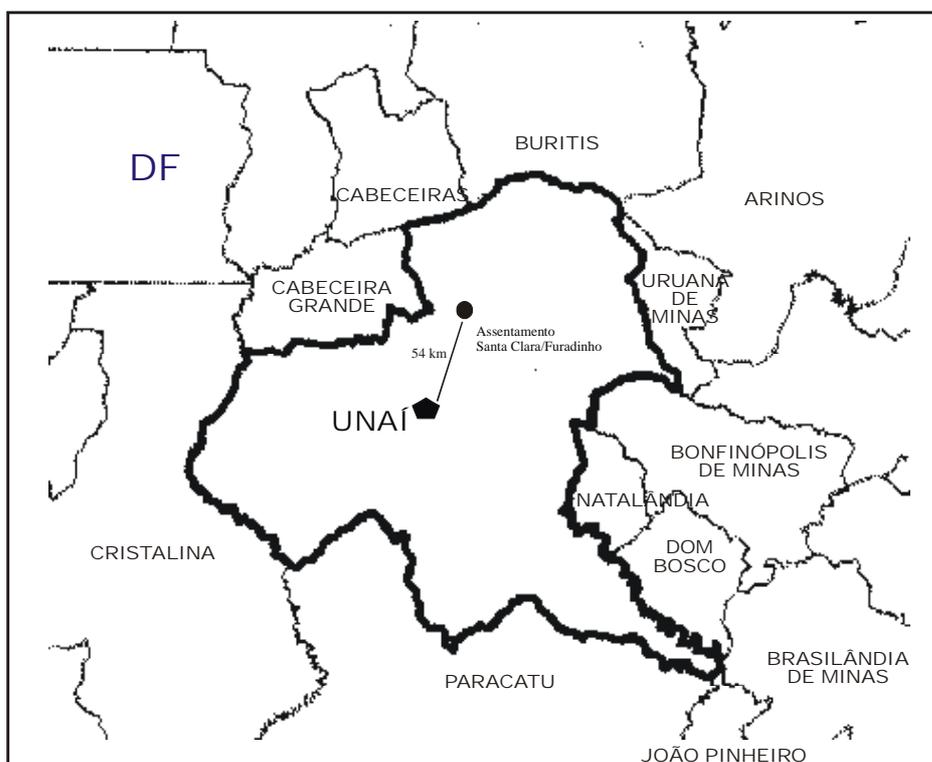


Figura 2.6 – Localização do assentamento estudado.

Uma de suas principais características é a diversidade de solos. Na Figura 2.7, mostra-se de maneira esquemática, uma toposseqüência do assentamento, com os principais tipos de solos encontrados e sua utilização. Os Cambissolos (1 e 3) são solos pouco profundos e de fertilidade variada. No assentamento, geralmente, possuem fertilidade elevada. Na fase 1 são utilizados com pastagens nativas e, às vezes, cultivadas, em virtude das limitações impostas pela alta declividade. Os Latossolos (2) normalmente são profundos e possuem como principal característica a baixa fertilidade. São utilizados com pastagens formadas, mas necessitam de correção e adubação para uma boa resposta, em termos de produção e produtividade. Os Podzólicos e Cambissolos da fase 3, geralmente possuem boa fertilidade. Finalmente, os solos Aluviais da fase 4, formados pela deposição de sedimentos, apresentam fertilidade alta e bom teor de matéria orgânica, o que lhes confere maior capacidade de armazenamento de água e, conseqüentemente, menor risco de perdas por falta de chuvas. Dessa forma, são utilizados para o plantio de lavouras, principalmente arroz e milho.

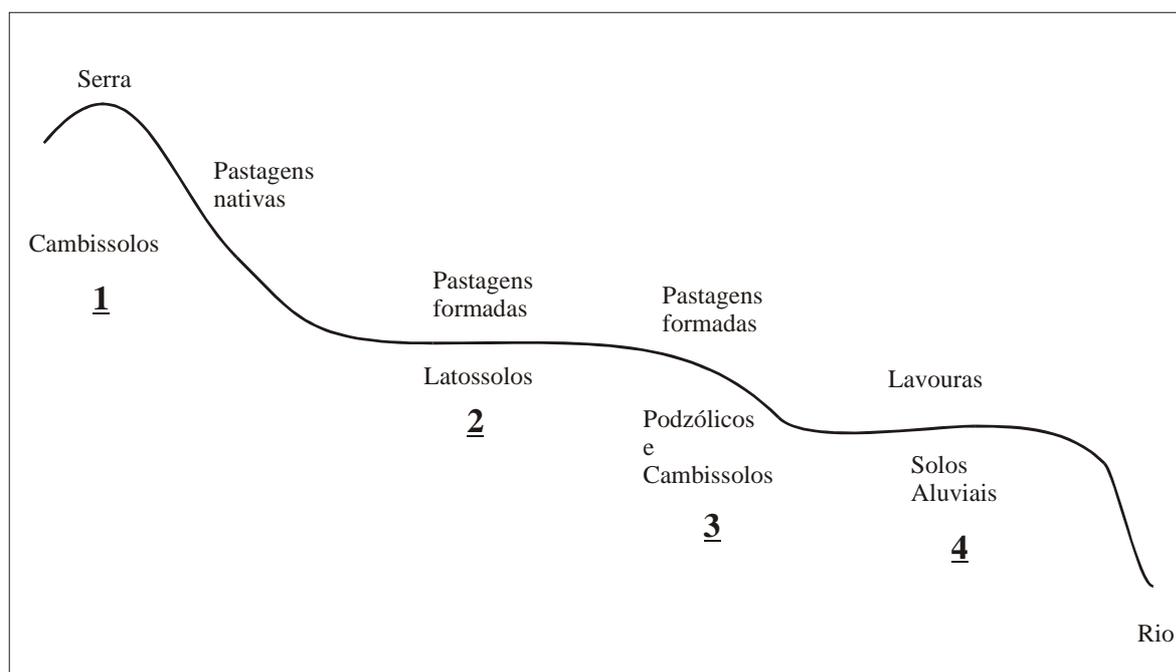


Figura 2.7 – Representação esquemática de toposseqüência com os principais tipos de solos encontrados no assentamento Santa Clara Furadinho e sua utilização.

Na Tabela 2.10, resumem-se as principais características químicas e físicas dos solos das fases 2, 3 e 4 da toposseqüência. É importante ressaltar que mesmo os solos considerados de alta fertilidade (3 e 4) apresentam baixos teores de fósforo, o que é uma característica

comum na Região do Cerrado. As interpretações das análises foram feitas com base nas informações de Sousa e Lobato (2002).

Tabela 2.10 – Principais características químicas e físicas dos solos das fases de uma topossequência no assentamento Santa Clara Furadinho.

Fase	pH H <sub>2</sub> O	Fósforo (P)	Cálcio e Magnésio (Ca+Mg)	Potássio (K)	Alumínio <sup>1</sup> (Al)	Argila	Silte	Areia
		ppm	Meq./100g	ppm	Meq./100g	(%)	(%)	(%)
<u>2</u>	4,80 (-)	0,61 (- -)	0,67 (-)	45 (±)	2,76 (+ + +)	38	26	36
<u>3</u>	5,80 (+)	1,58 (- -)	5,38 (+)	140 (+ +)	0,11 (-)	30	28	42
<u>4</u>	5,70 (+)	1,34 (- -)	8,31 (+)	69 (+)	0,01 (-)	31	34	35

Fonte: Laboratório de Química de Solos da Embrapa Cerrados.

(- -) Muito baixo, (-) Baixo, (±) Médio, (+) Adequado, (+ +) Alto, (+ + +) Muito alto

<sup>1</sup> Para o Alumínio, a interpretação é inversa em relação aos outros elementos da análise, ou seja, quanto maior o teor de alumínio, tanto maiores as restrições em termos de fertilidade.

A maior parte dos assentados é originária da própria região e o processo para assentar o grupo iniciou-se em 1988 numa reunião no Sindicato dos Trabalhadores Rurais (STR). Em 1991, uma das lideranças propôs ao grupo entrar no INCRA com a desapropriação da área. Apesar disso, o processo não teve continuidade e o grupo se filiou ao STR. A área só foi desapropriada em 1993, e o primeiro grupo, composto por 21 famílias instalou-se na área. O restante das famílias só foi instalado em 1996. Depois disso, em 1997, foram liberados os primeiros créditos (FOMENTO e PROCERA) e construiu-se o grupo escolar que, atualmente, funciona como sede para a associação do assentamento.

A área dos lotes varia de 13,3 a 33 ha. Na agricultura, predominam as lavouras de milho (48,5 ha) e arroz (7,5 ha) que são cultivadas em itinerários técnicos diversificados.

O milho aparece como lavoura de maior destaque tanto na área plantada quanto na opinião dos produtores. Cerca de 79% dos entrevistados consideraram o milho como o cultivo mais importante. De acordo com os dados do diagnóstico, a maior parte da produção (Figura 2.8) encontra-se destinada, primeiramente, à venda e, em segundo lugar, ao consumo dos animais (gado, aves e suínos).

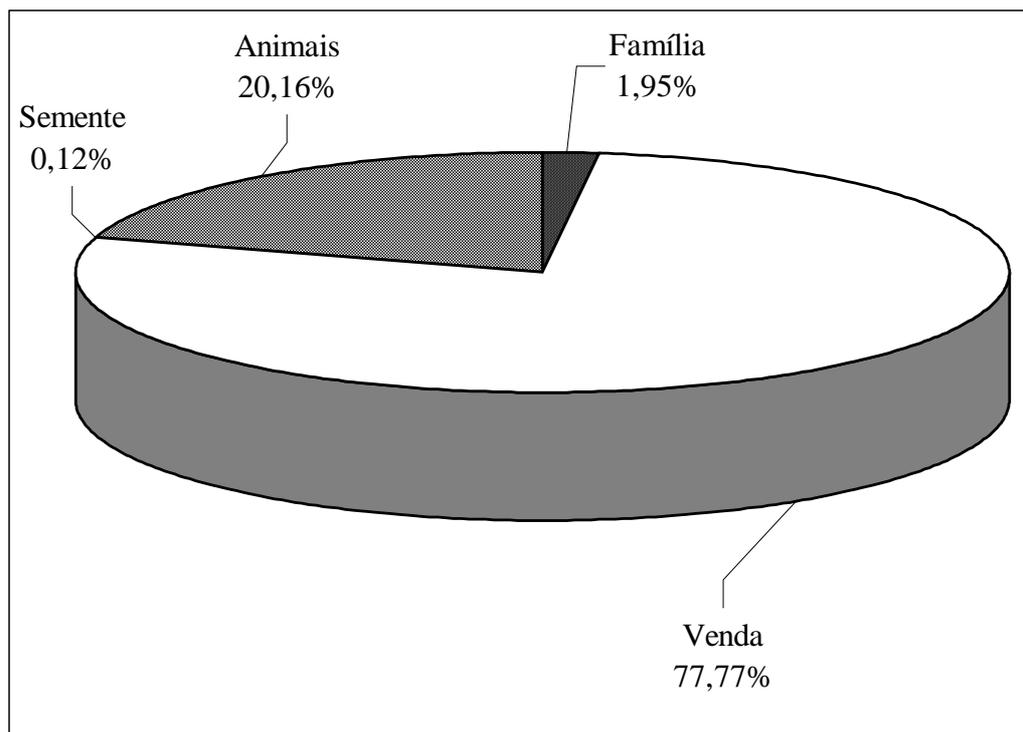


Figura 2.8 – Distribuição percentual do destino da produção de milho dos assentados entrevistados no assentamento Santa Clara Furadinho.

A pecuária, de maneira geral, é orientada para a exploração leiteira. Aproximadamente 30 famílias trabalham com a produção de leite que é vendido **in natura** e/ou queijo, para atravessadores. Em média, a produção por família, na época das chuvas é de aproximadamente 40 litros por dia, enquanto na seca essa produção cai para 30 litros por dia. A maior parte das pastagens é formada por braquiárias (**Brachiaria decumbens** e **Brachiaria brizanta**) e Andropogon (**Andropogon gayanus**). A suplementação alimentar do rebanho no período seco é normalmente realizada, no entanto, existe grande variabilidade em termos dos alimentos utilizados e da duração do período de suplementação.

Os tipos de sistemas de produção identificados a partir dos questionários, aplicados na fase de diagnóstico, encontram-se na Tabela 2.11. A maior parte dos sistemas de produção identificados está relacionada à produção de leite. Há um alto percentual de produtores de queijo. Nesse caso, sua produção aparece como alternativa de comercialização do leite, que se relaciona ao preço do produto e à relação com o comprador. Isto é, nos períodos em que o preço do leite vendido ao atravessador é muito baixo, os assentados optam pela produção de queijo. O tipo “produtor de queijo” caracteriza-se pela venda exclusiva desse produto. No entanto, caso o preço recebido pelo leite apresente possibilidade de melhoria, muitos desses produtores passam a vendê-lo **in natura**. Da mesma maneira, os produtores de leite pouco

intensivos e mais intensivos também podem optar pela produção de queijo em determinados períodos.

Tabela 2.11 – Tipos de sistema de produção identificados no assentamento Santa Clara Furadinho e sua distribuição percentual no ano de 2002.

<b>Tipos de sistema de produção</b>	<b>Nº Entrevistados</b>	<b>%</b>
<b>Produtores de subsistência sem leite</b>	05	17,86
<b>Produtores de subsist.com leite p/ consumo</b>	01	3,57
<b>Produtores de queijo</b>	12	42,86
<b>Produtores de leite menos intensivos</b>	3	10,71
<b>Produtores de leite mais intensivos</b>	7	25,00
<b>Total</b>	28	100,00

Do ponto de vista da organização social, no assentamento, há uma associação denominada Associação dos Pequenos Produtores Rurais da Fazenda Santa Clara e Fazenda Furadinho. Além disso, existe um grupo de orações, ligado à Igreja Católica e um grupo de jovens.

Nesse assentamento existem oito lotes que fazem parte da rede de estabelecimentos de referência do Projeto Unai. Foram escolhidos para esse estudo específico quatro lotes, sendo dois do tipo “produtores de leite menos intensivos” e dois do tipo “produtores de leite mais intensivos”.

Um dos pressupostos desta dissertação é que os tipos de sistemas de produção, ao funcionarem de maneira diferenciada, alcançam também resultados econômicos diferentes. O desafio, portanto, consiste em definir indicadores de resultados econômicos adaptados às particularidades da agricultura familiar, que permitam comparações entre os quatro sistemas de produção analisados.

### **3 – MÉTODO DE ANÁLISE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO: INDICADORES DE RESULTADOS ECONÔMICOS E APLICAÇÃO DA ACV**

Neste capítulo são apresentados e discutidos os indicadores para análise dos resultados econômicos dos sistemas de produção e os passos da metodologia de ACV para este caso específico. Para a ACV, são descritos os principais aspectos relacionados à delimitação do escopo da análise e à definição da Unidade Funcional. Ao final, apresenta-se o indicador de impacto ambiental escolhido e suas características mais importantes.

#### **3.1 – INDICADORES DE RESULTADOS ECONÔMICOS**

Conforme mencionado no Capítulo 1, os sistemas de produção da agricultura familiar apresentam particularidades que devem ser incorporadas na análise de seus resultados econômicos e dos indicadores utilizados para tal tarefa.

A lógica para a construção dos indicadores econômicos, foi adaptada de Bonnal et al. (1994a) e baseou-se na idéia de que o produtor procura estabelecer um processo de produção que garanta ingressos suficientes para saldar as despesas do próprio processo e, ao mesmo tempo, satisfazer as necessidades de ingresso necessárias à manutenção da família. Assim, alguns aspectos merecem ser ressaltados.

Primeiramente, é preciso delimitar as atividades relacionadas à produção. Foram consideradas como atividades da produção aquelas relacionadas à pecuária, agricultura, outras criações e transformações de produtos. As atividades de venda de mão-de-obra não foram consideradas, pois funcionam como um complemento, nos casos em que o produtor não consegue garantir os ingressos mínimos necessários à manutenção da família por meio da produção, conforme explicitado por Lovissolo (1989).

Em segundo lugar, a análise econômica baseia-se no fluxo de vendas (ingressos) e gastos necessários à realização do processo de produção. No caso dos ingressos, foram consideradas todas as vendas relacionadas a cada atividade. No caso dos gastos, foram considerados aqueles relacionados diretamente a cada atividade e que foram chamados de

gastos variáveis. No entanto, considerou-se também que existem gastos que se relacionam à produção, mas que não são diretamente vinculados a uma atividade produtiva específica. Esses, foram chamados de gastos gerais e incluem itens tais como manutenção de equipamentos e benfeitorias, combustíveis, lubrificantes, energia, pequenas ferramentas, impostos e mensalidades.

Os sistemas foram analisados com base no que se denominou Benefício da Produção (BP). O BP é o resultado obtido ao subtrair da soma dos ingressos da produção o valor dos gastos com esse processo ( $BP = [(Ingressos) - (Gastos Variáveis + Gastos Gerais)]$ ). Na lógica de exploração familiar um Benefício da Produção crescente é um bom indicador de que o sistema de produção está permitindo ao produtor sobra de dinheiro para destinar à família e/ou acumular em patrimônio familiar.

No Quadro 3.1, apresentam-se os ingressos e gastos variáveis considerados para o cálculo do Benefício da Produção dos sistemas.

Quadro 3.1 – Ingressos e gastos variáveis considerados no cálculo do Benefício da Produção (BP).

Ingressos (R\$)	Gastos variáveis (R\$)
	<b>Pecuária</b>
Venda de leite <b>in natura</b>	Manutenção de pastagens
Venda de bovinos	Aluguel de pastagens
	Ração
	Mineralização
	Manejo sanitário
	Frete de produtos (leite, insumos, etc)
	<b>Agricultura</b>
Venda de milho	Insumos
Venda de arroz	Mecanização
Venda de feijão	Pagamento de mão-de-obra temporária
Venda de mandioca	
Venda de outros produtos agrícolas	
	<b>Outras criações</b>
Venda de aves	Ração
Venda de ovos	Manejo sanitário
Venda de suínos	Pagamento de mão-de-obra temporária
	<b>Produtos Transformados</b>
Venda de polvilho	Insumos
Venda de farinha	Pagamento de mão-de-obra temporária
Venda de queijo	

Os valores dos ingressos e gastos foram corrigidos em relação a outubro de 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Entendendo que os sistemas de produção analisados estão inseridos na lógica da agricultura familiar, os indicadores escolhidos buscaram medir os resultados econômicos alcançados em função de fatores relevantes à racionalidade econômica desse tipo de exploração.

Conforme Wanderley (1999), geralmente a agricultura familiar explora pequenas áreas. Embora essa característica não seja determinante, isto é, ela não é familiar por ser pequena, do ponto de vista da análise econômica, é importante analisar o Benefício da Produção por unidade de área (BP/ha), já que a terra é normalmente um fator escasso.

Outra característica importante é o fato de o processo de produção ser conduzido com participação majoritária da mão-de-obra da família. Assim, utilizou-se como indicador da valorização do trabalho familiar o Benefício da Produção por Unidade de Trabalho Homem (UTH) do núcleo familiar (BP/UTH). Utilizando-se esse indicador, calcula-se o resultado econômico em função da força de trabalho familiar potencial.

Cada UTH equivale a 300 (trezentos) dias de trabalho de um homem durante o ano e o cálculo do potencial de trabalho do núcleo familiar foi feito de acordo com a Tabela 3.1. A diferença de valores em função dos sexos reside no fato de o cálculo da UTH considerar os trabalhos relativos às lavouras e à pecuária, atividades nas quais, na área de realização do estudo, a participação do sexo feminino é menor.

Tabela 3.1 – Equivalente em Unidade de Trabalho Homem (UTH) em função do sexo e categorias de idade dos componentes da família.

Categorias de idade	UTH/Sexo	
	Masculino	Feminino
Até 10 anos	0	0
Superior a 10 e inferior a 14 anos	0,3	0,2
Estudante com idade superior a 14 anos	0,5	0,3
Trabalhador com idade de 14 a 60 anos	1,0	0,5
Superior a 60 anos	0,3	0,2

Os diferentes sistemas de produção analisados alcançam resultados econômicos diferenciados em função das diferentes práticas e insumos utilizados, que por sua vez, implicam diferentes impactos no ambiente. Nesse contexto, a metodologia de ACV foi utilizada especificamente para determinar os diferentes impactos ambientais potenciais causados individualmente pelos sistemas analisados.

### **3.2 – APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DE ACV**

A metodologia de ACV está padronizada pelas normas da ISO. Visando a facilitar sua aplicação diversos **softwares** têm sido desenvolvidos. No âmbito dessa dissertação utilizou-se o programa SIMAPRO Versão 5.0. Portanto, sua aplicação será descrita de acordo com os passos realizados pelo programa, conforme seu manual (PRÉ CONSULTANTS, 2001a).

#### **3.2.1 – Definição do objetivo e do âmbito (escopo) da análise**

O objetivo dessa ACV é identificar e comparar os potenciais impactos ambientais de quatro sistemas de produção (S01, S02, S03 e S04) de agricultura familiar em um assentamento de reforma agrária no Município de Unaí-MG. Os sistemas S01 e S02 são do tipo “produtores de leite menos intensivos”, enquanto S03 e S04 são do tipo “produtores de leite mais intensivos”.

Os sistemas analisados oferecem produtos semelhantes (arroz, milho, leite, etc) produzidos de maneira diferente. Esse fato encerra algumas dificuldades. Primeiramente, não se trata de analisar apenas um produto, mas sistemas que geram diversos produtos. Em segundo lugar, as formas de produção são diferenciadas. Finalmente, os sistemas não possuem um único objetivo. Assim, a definição da Unidade Funcional, que é a base para a análise e comparação dos sistemas, foi feita considerando os seguintes pressupostos:

- a) O foco da análise é a produção que apresenta expressiva diversidade, tanto do ponto de vista dos produtos gerados, quanto das formas e tecnologias de produção.
- b) É necessário considerar os consumos intermediários, ou seja, produtos que são utilizados como insumos para outros produtos e/ou consumo familiar, e, não necessariamente, para a venda.

- c) Os sistemas possuem objetivos múltiplos: obter produtos para o consumo, garantir produção comercial, que permita ingressos monetários e viabilizar o processo de acumulação de meios de produção.

Optou-se, então, por estabelecer a Unidade Funcional tendo como base o conceito de renda bruta que é definida, segundo Hoffmann et al. (1978), como o valor de todos os produtos obtidos durante o ano agrícola, como resultado do processo de produção. Entendeu-se, dessa maneira, que o objetivo do processo de produção dos sistemas é gerar uma renda bruta que permita atender os pressupostos colocados anteriormente. Isto é, na renda bruta estão implícitos os diferentes produtos gerados pelos sistemas, bem como as diferenças nas formas de exploração. Igualmente, estão inseridos os consumos intermediários entre os componentes de cada sistema. E, por meio da renda bruta, o agricultor e sua família procuram atingir objetivos diversificados.

Foram considerados, para o cálculo da renda bruta, neste trabalho, os produtos de origem animal vendidos e consumidos, bem como a variação do inventário do rebanho bovino. No caso dos cultivos, foi considerada a produção do ano agrícola. Para os produtos transformados, foram contabilizadas as quantidades vendidas e consumidas. Não foram considerados os valores relacionados a receitas provenientes de aluguel de máquinas, arrendamento de terras e vendas de mão-de-obra. Cabe ressaltar que foram contemplados apenas os produtos identificados como importantes no diagnóstico. De maneira específica, foram considerados os seguintes itens: leite, bovinos, leite transformado (queijo), milho, arroz, suínos, aves e ovos. Para efeito de cálculo da renda bruta, foram utilizados os preços dos produtos no mês de outubro 2002 no Município de Unaí-MG.

Na Tabela 3.2, mostra-se a composição da renda bruta dos sistemas. É importante destacar que a participação dos produtos é distinta em cada um deles. Provavelmente, essa diferença, aliada à diversidade de formas de produção, cause impactos ambientais diferenciados também. Observa-se aumento da participação percentual da pecuária (leite, bovinos e leite transformado) na composição da renda bruta, acompanhada de certa especialização dos sistemas nessa atividade. Nesse aspecto, S04 apresentou-se como o sistema mais especializado, uma vez que 95,10% do valor da renda bruta originaram-se dessa atividade. No outro extremo, S01 teve 64,07% da renda bruta ligada às produções de milho e

arroz. Os sistemas S02 e S03 apresentaram-se numa situação intermediária, mas ainda com tendência à especialização na pecuária.

Tabela 3.2 – Composição da renda bruta de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003, a preços de out. 2002.

Produto	Un.	S01			S02			S03			S04		
		Qtde	R\$	%	Qtde	R\$	%	Qtde	R\$	%	Qtde	R\$	%
Leite	litro	4821	1590,93	21,84	4775	1575,75	18,32	10072	3323,76	45,16	27406	9043,98	49,01
Bovinos	UA <sup>1</sup>	0,25	175,00	2,40	3,25	2275,00	26,45	1,10	770,00	10,46	12,15	8505,00	46,09
Leite transf.	litro	696	382,80	5,26	2461	1353,55	15,74		0,00	0,00		0,00	0,00
Milho	kg	10920	4149,60	56,98	5700	2166,00	25,18	6720	2553,60	34,70		0,00	0,00
Arroz	kg	1200	516,00	7,09	900	387,00	4,50		0,00	0,00		0,00	0,00
Suínos	cab.	4	200,00	2,75	3	150,00	1,74	3	150,00	2,04	3	150,00	0,81
Aves	cab.	38	228,00	3,13	109	654,00	7,60	87	522,00	7,09	108	648,00	3,51
Ovos	dúzia	27	40,50	0,55	27	40,50	0,47	27	40,50	0,55	72	108,00	0,58
<b>Total</b>			<b>7282,83</b>	<b>100,00</b>		<b>8601,80</b>	<b>100,00</b>		<b>7359,86</b>	<b>100,00</b>		<b>18454,98</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup>UA: Unidade Animal, equivale a, aproximadamente, uma vaca com peso vivo de 400 kg.

Os dados referem-se ao acompanhamento dos sistemas durante nove meses (out. 2002 a jun. 2003). Como os valores de renda bruta de cada sistema são diferentes (Tabela 3.2), definiu-se como Unidade Funcional o valor de R\$ 1.000,00 de renda bruta. Com base nesse valor e na participação percentual dos produtos na formação da renda bruta de cada sistema de produção (Tabela 3.2), as quantidades de produto foram, então, normalizadas, conforme Tabela 3.3. Nessa normalização não foram considerados os ajustes de escala relacionados ao processo de produção.

Tabela 3.3 – Composição da Unidade Funcional de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

Produto	Unidade	S01		S02		S03		S04	
		Qtde.	R\$	Qtde.	R\$	Qtde.	R\$	Qtde.	R\$
Leite	litro	661,97	218,45	555,12	183,19	1.368,52	451,61	1.485,02	490,06
Bovinos	UA	0,0343	24,03	0,3778	264,48	0,15	104,62	0,6583	460,85
Leite transf.	litro	95,57	52,56	286,10	157,35	0,00	0,00	0,00	0,00
Milho	kg	1.499,42	569,78	662,65	251,81	913,05	346,96	0,00	0,00
Arroz	kg	164,77	70,85	104,63	44,99	0,00	0,00	0,00	0,00
Suínos	cabeça	0,55	27,46	0,35	17,44	0,41	20,38	0,16	8,13
Aves	cabeça	5,22	31,31	12,67	76,03	11,82	70,93	5,85	35,11
Ovos	dúzia	3,71	5,56	3,14	4,71	3,67	5,50	3,90	5,85
<b>Total</b>			<b>1.000,00</b>	<b>1.000,00</b>		<b>1.000,00</b>	<b>1.000,00</b>	<b>1.000,00</b>	<b>1.000,00</b>

A idéia básica dessa aplicação de ACV é analisar e comparar os impactos ambientais potenciais causados por cada sistema para gerar a Unidade Funcional (R\$ 1.000,00 de renda bruta). O funcionamento dos diversos componentes dos sistemas de produção, para gerar a Unidade Funcional, requer um conjunto de insumos/produtos e serviços (**inputs**), conforme Figura 3.1, que podem estar relacionados a diferentes impactos ambientais. É importante esclarecer que o cálculo desses **inputs** não levou em consideração fatores de escala. Logicamente que, além dos itens relacionados na Figura 3.1, são necessários elementos considerados como integrantes do próprio sistema. Nesse caso, destacam-se as criações, de maneira especial os bovinos, a mão-de-obra familiar, as forrageiras, os cultivos, as máquinas e os equipamentos. Quanto às relações existentes entre os diversos componentes, sobressaem-se a utilização da produção de milho para alimentação das criações e o uso do leite como “insumo” para a transformação em queijo (Figura 3.1).

A associação entre os **inputs** e os potenciais impactos ambientais é feita a partir de bases de dados que são parte integrante do **software** SIMAPRO. Essas bases, especialmente, desenvolvidas para estudos de ACV, possuem amplos conjuntos de materiais, processos de produção, sistemas de energia e transporte, bem como, cenários de deposição de produtos na natureza. Para este trabalho foram utilizadas as bases BUWAL 250 e IDEMAT 2001.

A BUWAL 250 é uma base desenvolvida pela Agência Suíça para o Meio Ambiente, Florestas e Paisagens. O inventário inclui emissões da produção de matérias-primas, energia, produtos semimanufaturados e materiais auxiliares, transportes e o processo de produção dos insumos (**inputs**). A descrição dos sistemas contidos na base é fundamentada nos padrões suíços de consumo, assim como nas importações e exportações de produtos. A origem das matérias-primas e o uso de energia e eletricidade são, portanto, determinadas principalmente pela situação da Suíça. Entretanto, há disponibilidade de escolha na base de modelos de sistema de energia de diversos países. Nesses sistemas de energia, não são incluídos bens de capital. As emissões para o solo são incluídas apenas em conexão com processos de deposição de embalagens, após a fase de consumo dos produtos. Sempre que possível, os processos são determinados considerando a fase de extração das matérias primas. As emissões ou potenciais impactos ambientais de processos que resultam em diversos produtos são geralmente alocados com base na distribuição de massa. A base possui diversos modelos de transporte que relacionam potenciais impactos em função da massa e distância de transporte (PRÉ CONSULTANTS, 2001b; 2003).

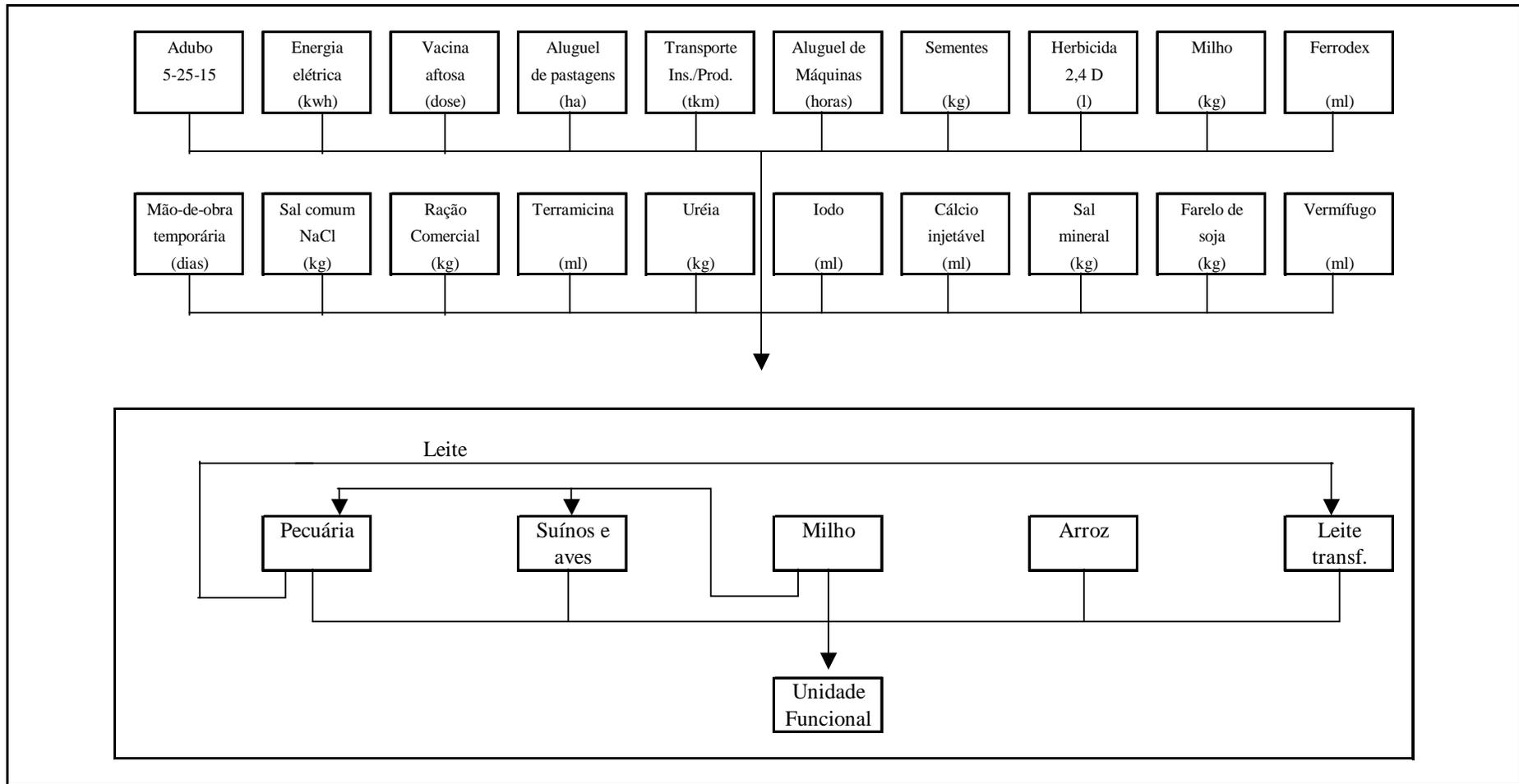


Figura 3.1 – Insumos/produtos e serviços (**inputs**) utilizados e relações entre os componentes de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

O IDEMAT 2001 é um banco de dados desenvolvido pelo departamento de engenharia de projeto industrial da Universidade de Tecnologia de Delft (Holanda). A base enfoca, sobretudo, a produção de materiais. Os dados são, em sua grande maioria, originais, isto é, não são extraídos de outros bancos de dados de ACV. Além disso, são oriundos de uma ampla variedade de fontes. No inventário dos ciclos de vida da produção, no caso da agricultura, consideram-se a colheita e o processamento dos produtos. De maneira semelhante à base anterior, os dados refletem uma condição específica, no caso, a situação dos ciclos produtivos na Holanda (PRÉ CONSULTANTS, 2001b).

No que se refere à qualidade dos dados, o programa permite que seja definido o perfil das informações, com as características de qualidade consideradas relevantes para cada estudo de ACV. Todos os dados das bases possuem seu próprio perfil de qualidade, de acordo com os seguintes critérios:

- a) Período de coleta dos dados.
- b) Região geográfica na qual os dados foram coletados.
- c) Representatividade e tipo de tecnologia, relacionadas aos dados coletados.
- d) Tipo de alocação para os processos.
- e) Limites dos sistemas nos quais os dados foram coletados.

Os principais aspectos contemplados nesses itens são semelhantes àqueles relatados em Weidema (1997) e discutidos no Capítulo 1, com exceção dos itens “d” e “e”, que são específicos de estudos de ACV utilizando o SIMAPRO.

O **software** compara, então, os perfis dos dados com aquele definido para o estudo. Essa comparação tem o objetivo de auxiliar no entendimento sobre o nível de consistência entre os dados das bases e os requerimentos de qualidade de cada estudo de ACV. Para facilitar essa análise o programa mostra até que ponto os dados preencheram esses requisitos, com base na seguinte escala de cores:

- a) Verde: Os dados são aplicáveis ao estudo.
- b) Amarelo: Os dados são relativamente aplicáveis ao estudo.

- c) Laranja: Há pouco relacionamento entre os dados e os requerimentos de qualidade do estudo.
- d) Vermelho: Embora possam ser utilizados, os dados estão fora do alcance dos requerimentos de qualidade do estudo.

Ressalta-se que é possível verificar esse resultado para cada critério. Dessa forma, para este estudo específico de ACV, os dados apresentaram baixa qualidade, especialmente, no critério que se refere à região geográfica. Logicamente, o ideal seria utilizar dados nacionais, no entanto, não existem bases de dados brasileiras para estudos de ACV nem para a produção industrial e, muito menos, sobre a produção agrícola. Esse fato não invalida a possibilidade de comparação entre os sistemas de produção, visto que a análise foi feita utilizando as mesmas bases de dados.

Apesar da quantidade de informações existentes nas bases utilizadas, alguns insumos/produtos não foram encontrados. Nessa situação, enquadraram-se os remédios para o rebanho, o farelo de soja, o herbicida 2,4 D, o sal mineral e as sementes certificadas. Nesses casos, buscou-se, primeiramente, verificar a importância relativa de cada insumo/produto em termos de sua participação percentual nos totais de massa e valor econômico (Tabela 3.4). Os produtos com baixa participação não foram incluídos no estudo. Assim, não foram considerados na análise os remédios utilizados para o rebanho (cálcio injetável, iodo, vermífugos, etc), pois esses produtos contribuíram com pequenos percentuais. Ressalta-se que esse procedimento foi utilizado por Cederberg e Mattsson (2000) para estudo de ACV de propriedades de produção de leite na Suécia.

Raciocínio semelhante foi utilizado para o herbicida 2,4 D que foi utilizado apenas pelo sistema S03. Não obstante possuir um percentual de valor econômico de 4,29%, esse item contribuiu com apenas 0,09% da massa.

Tabela 3.4 – Quantidade, valor e participação percentual dos insumos/produtos na formação da Unidade Funcional de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

Produtos	Unid.	S01				S02				S03				S04			
		Qtde.	Valor (R\$)	Massa (%)	Valor (%)	Qtde.	Valor (R\$)	Massa (%)	Valor (%)	Qtde.	Valor (R\$)	Massa (%)	Valor (%)	Qtde.	Valor (R\$)	Massa (%)	Valor (%)
Adubo 5-25-15	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	39,50	46,47	10,47	61,70	13,60	11,57	4,76	12,84	0,00	0,00	0,00	0,00
Cálcio injetável	ml <sup>1</sup>	68,65	1,30	0,02	1,90	58,13	0,71	0,02	0,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Farelo de soja	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,74	11,96	7,61	13,28	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferrodex	ml <sup>1</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,79	0,53	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00
Herbicida 2,4 D	l <sup>1</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	3,86	0,09	4,29	0,00	0,00	0,00	0,00
Iodoret	ml <sup>1</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	5,81	0,81	0,00	1,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ivomec vermífugo	ml <sup>1</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,79	2,32	0,00	2,58	0,00	0,00	0,00	0,00
Leite para produção de queijo <sup>3</sup>	l <sup>1</sup>	95,57	2,87	34,51	4,19	286,10	2,86	75,81	3,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Milho comprado	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	48,76	13,34	20,43	14,16
Milho produzido <sup>3</sup>	kg	131,82	10,55	47,61	15,41	27,90	3,63	7,39	4,82	157,62	9,46	55,19	10,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Ração comercial 22% PB	kg	27,46	14,06	9,92	20,54	9,30	4,27	2,46	5,67	38,04	16,46	13,32	18,27	173,93	73,93	72,87	78,50
Sal comum	kg	3,43	0,66	1,24	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	6,79	1,17	2,38	1,30	8,13	1,53	3,41	1,62
Sal mineral	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	2,91	1,83	0,77	2,42	35,33	15,27	12,37	16,95	5,69	3,02	2,38	3,21
Semente (milho e arroz)	kg	18,53	35,46	6,69	51,82	11,61	14,74	3,08	19,57	5,40	12,50	1,89	13,87	0,00	0,00	0,00	0,00
Terramicina (oxitetraciclina)	ml <sup>1</sup>	20,60	3,54	0,01	5,18	0,00	0,00	0,00	0,00	6,79	0,69	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00	0,00
Uréia	kg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,79	4,29	2,39	4,76	2,17	1,42	0,91	1,51
Vacina aftosa	dose <sup>2</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,08	0,94	0,00	1,00
<b>Total</b>		<b>276,90</b>	<b>68,44</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>377,39</b>	<b>75,32</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>285,60</b>	<b>90,08</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>238,69</b>	<b>94,18</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Valores monetários corrigidos em relação a outubro de 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Valores percentuais menores que 0,005 foram considerados iguais a zero.

<sup>1</sup> Os dados, em volume, foram transformados para quilogramas, utilizando densidade igual a 1 kg/l.

<sup>2</sup> Uma dose igual a 5 ml.

<sup>3</sup> Considerou-se, para efeito de cálculo do valor, o gasto para a produção de uma unidade de massa, isto é, um quilograma, no caso do milho e um litro, no caso do leite.

Para os itens que possuíam participações maiores buscaram-se produtos similares nas bases de dados. Para o sal mineral foram utilizados os mesmos dados do sal comum. As sementes certificadas foram utilizadas apenas para o plantio de milho. Nesse caso, foram considerados os dados das bases para produção de milho. O farelo de soja é um subproduto da industrialização da soja para produção de óleo que é utilizado como fonte de proteína para a formulação de ração concentrada do gado de leite no próprio estabelecimento. Assim, optou-se por utilizar como similar o subproduto protéico da indústria de produção de amido de batata.

Os limites da análise encontram-se na Figura 3.2. As construções e o maquinário não foram incluídos, em virtude da carência de dados. A única exceção refere-se ao uso do trator na agricultura, que associa os impactos relativos à produção do óleo diesel e às emissões advindas da queima de combustível durante seu funcionamento.

Considerou-se que o manejo dos produtos depois da venda era idêntico. Contudo, em virtude de a Unidade Funcional de cada sistema de produção ser composta por quantidades diferentes de produtos (Tabela 3.3), provavelmente, diferentes potenciais impactos ambientais estariam relacionados a cada sistema. No entanto, não havia dados disponíveis para serem utilizados na análise. Dessa forma, não foram incluídas fases pós-venda nem estabelecidos cenários para a deposição dos produtos.

O **software** possui a flexibilidade de permitir a montagem de bases de dados específicas para cada estudo de ACV realizado.

Decidiu-se, então, incluir dados relativos às emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) do rebanho bovino que são importante fator de potencial impacto ambiental da agropecuária. Os dados dessas emissões foram retirados do primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de metano da pecuária, produzido sob a coordenação do Ministério da Ciência e Tecnologia (LIMA et al., 2002a). Utilizou-se o fator de emissão 61 kg de  $\text{CH}_4$ /cab./ano, normalizado em relação ao período do estudo (nove meses). Esse valor refere-se à Região Centro-Oeste e foi utilizado porque Unai localiza-se a 165 km de Brasília e, portanto, possui características mais próximas às da Região Centro-Oeste do que da região Sudeste. O fator de emissão utilizado está associado à fermentação entérica dos animais. Não

foram associadas emissões ao esterco porque ele, de acordo com o manejo empregado pelos agricultores, seca e se decompõe no campo, o que, segundo Lima et al (2002a), torna mínima a emissão dessa fonte.

Foi realizado também o cálculo da quantidade de Unidades Animais (UA) necessárias à produção da Unidade Funcional.

Para o uso do trator, os dados da base relacionavam o consumo de combustível e as emissões apenas para seu deslocamento e não para as atividades da lavoura. Foram utilizados os padrões de emissão constante da base de dados do SIMAPRO, mas com dados de consumo de combustível para cada operação mecanizada, de acordo com Folle e Brandini (1995). Os dados encontram-se na Tabela 3.5. Para efeito de entrada de dados no SIMAPRO foram utilizadas as médias de consumo para cada operação. No caso da colheita mecanizada, que foi realizada com batedeira de cereais acoplada ao trator, utilizou-se o dado de consumo informado por Martin (2002)<sup>7</sup>, igual a 4,20 litros por hora de funcionamento.

Tabela 3.5 – Consumo de óleo diesel por hectare para diversas operações de campo (modificado – Folle; Brandini, 1995, p.110).

<b>Operação/implemento</b>	<b>Consumo de óleo diesel por hectare (l/ha)<sup>1</sup></b>
Aração solos médios	10 – 17
Grade aradora “off set”	10 – 20
Grade niveladora de arrasto	05 – 10
Semeadora	03 – 08

<sup>1</sup> Considera para o cálculo o consumo necessário ao implemento e trator de três toneladas.

<sup>7</sup> MARTIN, U. Embrapa Cerrados. Laboratório de Mecanização (Comunicação Verbal).

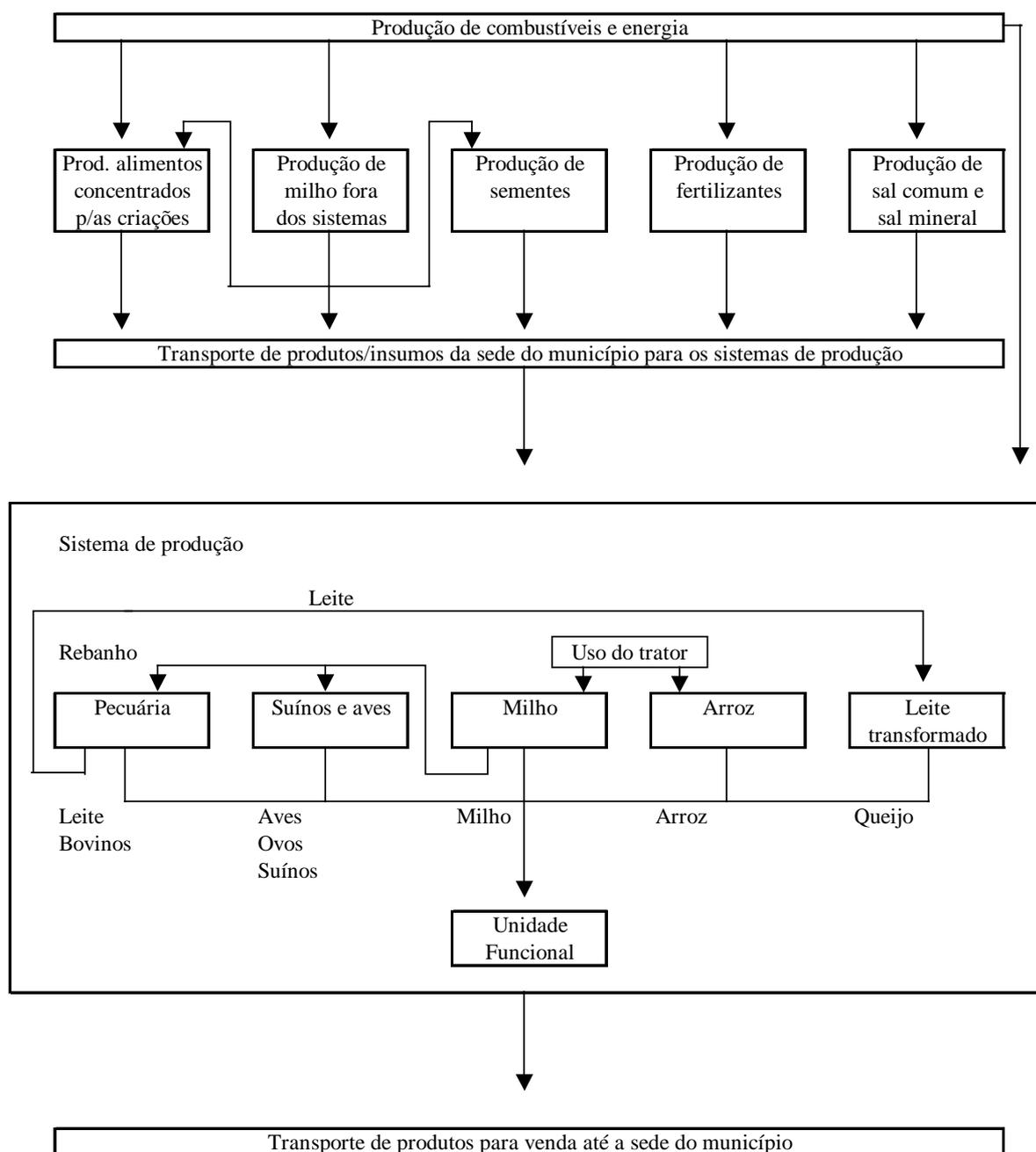


Figura 3.2 – Representação esquemática dos limites do estudo e dos fluxos considerados na análise dos potenciais impactos ambientais dos sistemas de produção.

O SIMAPRO permite também a montagem de ciclos de vida em separado que podem ser reunidos em um único ciclo. Assim, para cada sistema de produção, foram montados ciclos específicos para cada componente do ciclo produtivo total (pecuária, milho, arroz, suínos e aves e leite transformado), com seus respectivos **inputs**, todos relacionados à mesma Unidade Funcional. Esses ciclos foram posteriormente agregados em um único ciclo, ou seja, no respectivo ciclo do sistema de produção.

A pecuária, conforme Figura 3.2, é um componente que utiliza um conjunto de **inputs** e produz mais de um produto. Não haveria problemas para a análise se esses produtos se destinassem apenas à composição da Unidade Funcional. Contudo, uma parte do leite é utilizada no ciclo do leite transformado para a produção de queijo. Assim, os impactos foram alocados entre o leite, os bovinos e o leite transformado, utilizando como critério a massa produzida. Para isso, estabeleceu-se o leite com densidade de 1 kg/l, uma UA (unidade animal) com peso vivo de 400 kg e um critério de conversão para o volume de leite transformado de 10:1, ou seja, 10 litros de leite para a produção de 1 kg de queijo. O esterco, que é um subproduto da pecuária, permanece no sistema e é utilizado na fertilização das capineiras e canaviais. Não foi necessária, portanto, realizar nenhuma alocação para esse produto porque ele não representa uma saída do ciclo para compor a Unidade Funcional.

O milho e o arroz foram considerados como ciclos que resultam em um único produto, uma vez que subprodutos, como a palha, são utilizados no próprio sistema. No caso do milho produzido no próprio sistema e utilizado em outros componentes (pecuária e suínos e aves), foi utilizada apenas a parte do seu ciclo proporcional à quantidade utilizada pelos outros ciclos.

O ciclo suínos e aves resulta em diversos produtos, tais como, suínos, aves e ovos. Como esses produtos são utilizados apenas para compor a Unidade Funcional, não foi necessária uma alocação diferenciada para cada um desses produtos.

Na Figura 3.3, mostra-se como o SIMAPRO monta o ciclo de vida de um sistema de produção, por meio de uma árvore de fluxos. A idéia básica é que para a composição do ciclo do sistema (bloco superior) são necessários outros ciclos, processos de produção e materiais. Os dados para a montagem dos ciclos de cada componente do sistema foram coletados diretamente com os produtores. Com base nesses dados, o SIMAPRO associa outros processos e materiais que fazem parte dos bancos de dados utilizados. Para cada um dos blocos da Figura 3.3, o **software** associa intervenções ambientais que, por sua vez, serão agregadas em categorias de impacto ambiental. A forma como cada intervenção será associada às categorias de impacto e a maneira como cada categoria irá compor o impacto final, dependerá do indicador de impacto ambiental escolhido e, conseqüentemente, do seu método de cálculo.

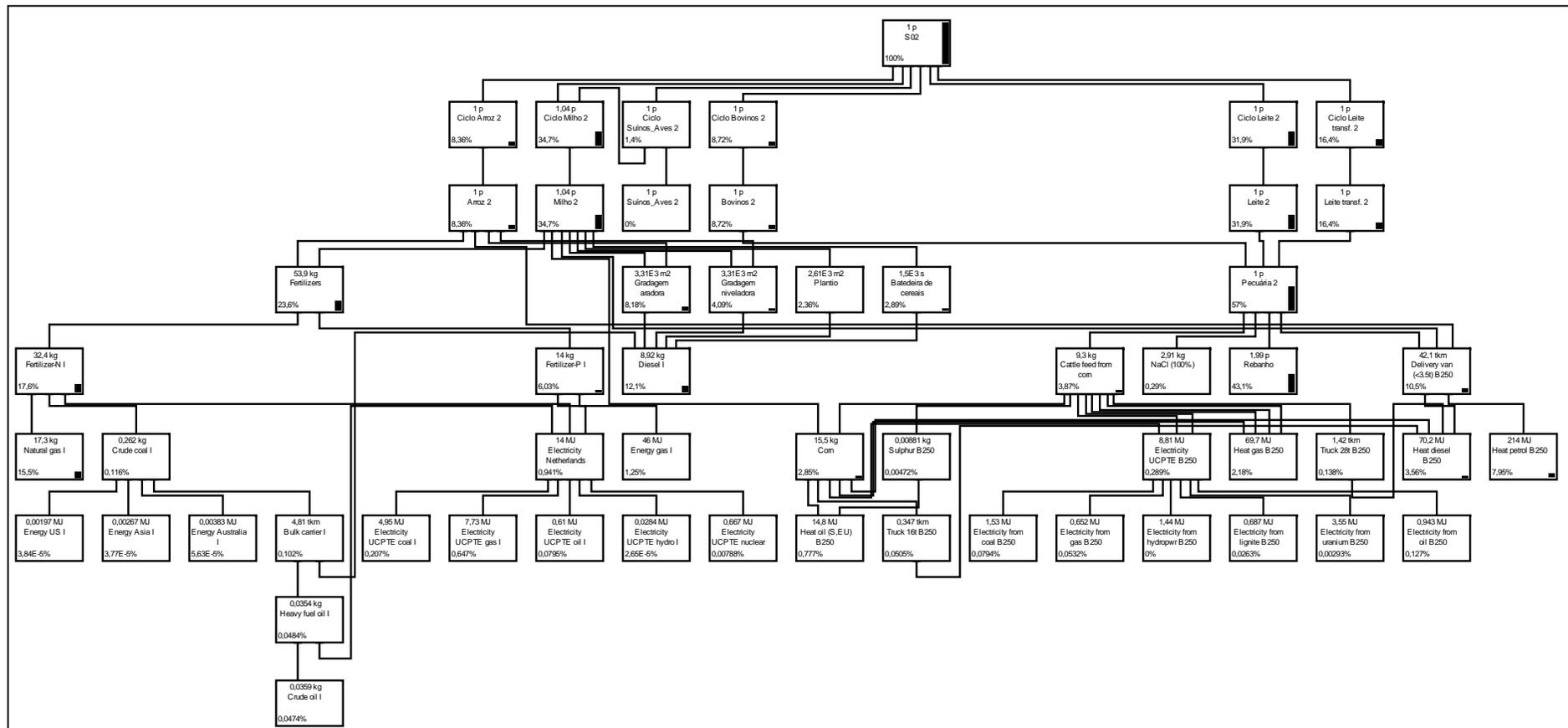


Figura 3.3 – Árvore de fluxos de um sistema de produção. Cada bloco inferior é um componente necessário à composição dos blocos superiores.

### 3.2.2 – Definição do indicador de impacto ambiental

Tradicionalmente, num estudo de ACV, as emissões e as extrações de recursos são expressas em dez ou mais diferentes categorias de impacto, tais como, acidificação, redução da camada de ozônio, ecotoxicidade, extração de recursos naturais, entre outras. No entanto, esse tipo de resultado é difícil de ser ponderado, principalmente, por profissionais que não sejam especialistas na área ambiental.

O uso de eco-indicadores, por um lado, ajuda a resolver esse problema, facilitando o manejo dos resultados da ACV, pois transforma os dados da tabela de inventário em escores de danos que podem ser agregados em categorias de danos ou até em um único escore, dependendo das necessidades do usuário. Por outro lado, à medida que os resultados são agregados perde-se em objetividade, uma vez que diversos aspectos do impacto ambiental passam a não ser explicitados. Assim, é fundamental refletir sobre os níveis de praticidade e objetividade necessários para a utilização dos resultados da ACV.

Para esta dissertação escolheu-se o Eco-indicador 99, desenvolvido no âmbito de um projeto específico sob a liderança do Ministério da Habitação, Planejamento Espacial e Meio Ambiente da Holanda. Esse indicador permite agregar os resultados na forma de um valor, mas também visualizar as categorias de danos e categorias de impacto associadas a esse valor. A caracterização do Eco-indicador 99 será feita tendo como base o trabalho de Goedkoop e Spriensma (2001).

Algumas considerações iniciais merecem ser feitas. Primeiramente, o método refere-se às condições europeias. Assim, os danos de muitas categorias de impacto ambiental também estão relacionados a essa condição, exceto aqueles que ocorrem numa escala mais global, tais como, redução da camada de ozônio, efeitos dos gases estufa, efeitos das substâncias radioativas e danos relacionados à redução dos recursos naturais. Os danos advindos da persistência de substâncias cancerígenas são levados em conta em relação à Europa e regiões adjacentes. Em segundo lugar, o método trata de emissões na forma como elas são produzidas atualmente. Terceiro, o eco-indicador baseia-se numa definição específica de meio ambiente, entendido como um conjunto de parâmetros biológicos, físicos e químicos influenciados pelo homem que são condicionantes (requisitos) para o

funcionamento da natureza e do próprio homem. Esses requisitos incluem a saúde humana, a qualidade dos ecossistemas e o suficiente suprimento de recursos naturais. Finalmente, esse método utiliza uma abordagem orientada aos danos. Isto é, ele relaciona as categorias de impacto ambiental a danos à saúde humana ou ao ecossistema.

Um estudo de ACV, trabalha com três campos do conhecimento científico. Esses campos normalmente são chamados de esferas:

- a) Esfera tecnológica (**techosphere**<sup>\*</sup>): Envolve a descrição do ciclo de vida, as emissões dos processos, os procedimentos de alocação, que são baseados até onde for possível em relações causais.
- b) Esfera ecológica (**ecosphere**<sup>\*</sup>): Modelagem das alterações (danos) que são impostas ao meio ambiente.
- c) Esfera de valores (**valuesphere**<sup>\*</sup>): Envolve a percepção de tais alterações (danos), assim como o gerenciamento das escolhas feitas nas esferas anteriores.

Com base nessas esferas é possível construir os três estágios básicos do eco-indicador (Figura 3.4):

- a) O modelo de ciclo de vida é construído no âmbito da esfera tecnológica e seu resultado é a tabela de inventário.
- b) A modelagem no âmbito da esfera ecológica é utilizada para relacionar a tabela de inventário às três categorias de danos.
- c) A esfera de valores é usada para orientar as escolhas feitas na esfera ecológica e também para ponderar as três categorias de danos transformando-as em um indicador.

Conforme Figura 3.4, os impactos ambientais são agrupados em três categorias de danos: saúde humana, qualidade dos ecossistemas e recursos naturais. A categoria saúde humana contém a idéia de que toda a humanidade, no presente e no futuro, deve ser livre de doenças causadas por impactos ambientais, inaptidões causadas por essas doenças ou morte prematura. A qualidade dos ecossistemas relaciona-se ao pensamento de que outras espécies, à exceção do homem, não devem estar sujeitas a mudanças em suas populações nem em sua

---

<sup>\*</sup> Termos empregados na literatura inglesa.

distribuição geográfica. Finalmente, a categoria recursos naturais refere-se à idéia de que o suprimento de recursos naturais, essencial para a humanidade, deve estar disponível também para as futuras gerações. O Eco-indicador 99 utiliza procedimentos diferenciados para estabelecer relações entre os resultados do inventário e os danos potenciais em cada categoria.

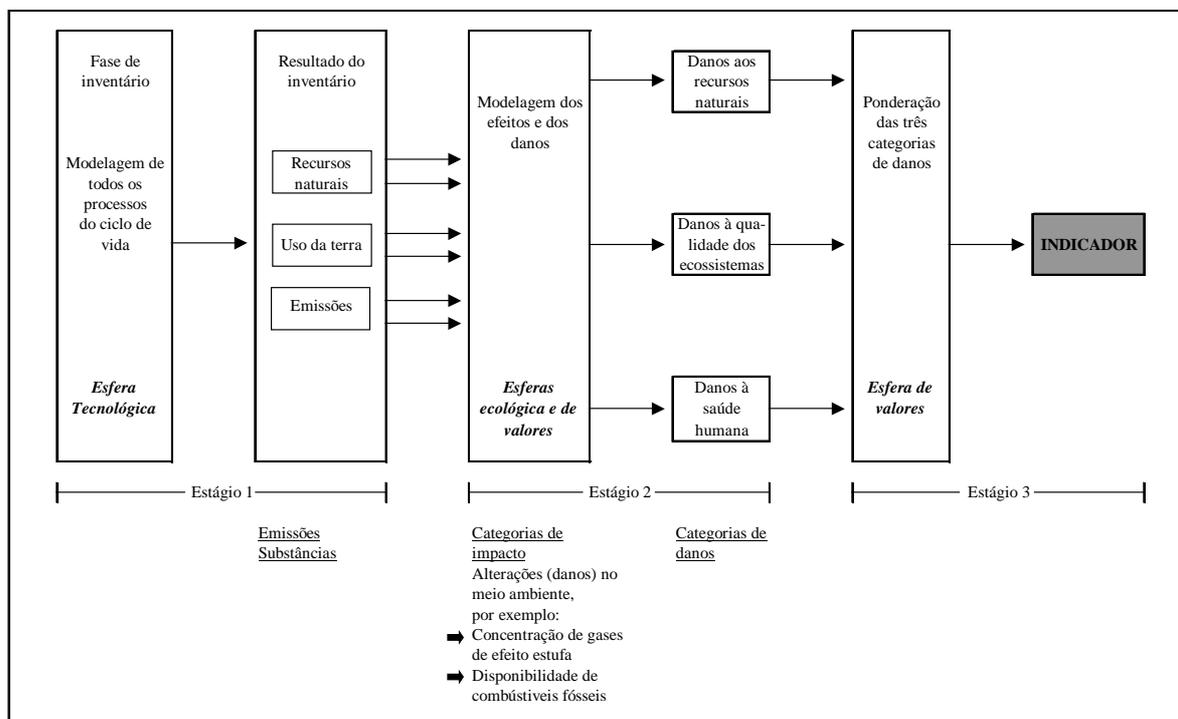


Figura 3.4 – Estágios básicos para o cálculo do Eco-indicador 99 (modificado – Goedkoop; Spriensma, 2001, p. 8).

Na categoria saúde humana, quatro passos são utilizados:

- Análise de destino, que relaciona uma emissão (expressa em massa) com uma alteração temporária em sua concentração. Como os danos não são causados pelas emissões, mas pelas concentrações das substâncias ou pelas alterações nessas concentrações, que serão depositadas no meio ambiente, é necessário um procedimento para converter a massa das emissões de uma mesma substância, oriunda de diferentes processos, para sua potencial concentração no meio ambiente.
- Análise de exposição, relacionando essa concentração temporária para uma dose.
- Análise de efeito que relaciona a dose ao número de efeitos na saúde humana, tais como, número e tipos de câncer e efeitos respiratórios.
- Análise de dano que relaciona os efeitos na saúde humana com anos de vida perdidos e/ou anos de vida com comprometimento das funções vitais do corpo humano.

Na categoria qualidade dos ecossistemas, duas abordagens são utilizadas:

- a) Emissões de substâncias tóxicas e emissões que alteram os níveis de nutrientes e de acidez:
  - a.1) Análise de destino, relacionando emissões a concentrações das substâncias;
  - a.2) Análise de efeito que relaciona as concentrações à toxidez ou ao aumento dos níveis de nutrientes e/ou acidez;
  - a.3) Análise de dano que relaciona esses efeitos ao aumento do potencial de desaparecimento de frações da população de plantas.
- b) O uso da área e transformação da paisagem é modelado com base em dados empíricos sobre a qualidade do ecossistema, em função do tipo de uso dado a determinada área e o tamanho utilizado.

Na categoria extração de recursos naturais são utilizados dois passos:

- a) Análise dos recursos que pode ser considerada como similar à análise de destino, e que relaciona a extração de um recurso ao decréscimo de sua concentração.
- b) Análise de dano que relaciona a queda na concentração ao aumento dos esforços para extrair esse recurso no futuro.

Descritos os procedimentos adotados para determinar cada categoria de dano, é importante discutir as especificidades de cada uma delas.

A categoria de danos à saúde humana envolve a noção de que qualquer indivíduo pode ser prejudicado tanto pela diminuição do tempo de vida, por uma morte precoce, quanto pela redução, temporária ou permanente, de alguma das funções vitais do organismo. As principais fontes, relacionadas ao meio ambiente para tais problemas, e consideradas pelo Eco-índice 99, são as seguintes:

- a) Doenças infecciosas, cardiovasculares e respiratórias, assim como as mudanças forçadas de local causadas por alterações climáticas.
- b) Câncer, resultante de exposição à radiação iônica.
- c) Câncer e danos à visão, advindos da redução da camada de ozônio.

- d) Doenças respiratórias e câncer devido a substâncias químicas tóxicas no ar, na água e nos alimentos.

Para agregar esses diferentes tipos de dano à saúde humana, é utilizada uma ferramenta comparativa para estabelecer pesos para cada dano. O Eco-indicador 99 utiliza a Escala Ajustada de Anos de Inaptidão (**Disability Adjusted Life Years**\* – DALY). Essa escala foi desenvolvida para a Organização Mundial de Saúde e para o Banco Mundial. O centro do sistema DALY é a escala de pesos para diversas inaptidões causadas por doenças. As pontuações da escala variam de zero a um. O valor zero indica uma saúde perfeita, enquanto o valor um significa morte. O cálculo dos anos de inaptidão (DALY) é feito como no exemplo a seguir: na Europa muitas pessoas têm de receber tratamento médico em hospitais por um determinado período de tempo, devido à emissão de substâncias inorgânicas. Esse tipo de tratamento tem uma classificação igual a 0,392 na escala DALY. Se o tratamento no hospital durar em média 0,01 ano (3,65 dias), cada caso será ponderado como tendo aproximadamente 0,04 DALY's (0,01 multiplicado por 0,392).

Dessa forma, para o cálculo da categoria danos à saúde humana, o fluxo de substâncias tóxicas e emissões, expressas em toneladas por ano, resultará num número de DALY's. As categorias de impacto que fazem parte dessa categoria são as seguintes:

- a) Efeitos cancerígenos (**carcinogens**\*) relacionados à emissão de substâncias cancerígenas para o ar, água e solo.
- b) Efeitos respiratórios orgânicos (**respiratory organics**\*) relacionados à emissão de substâncias orgânicas para o ar.
- c) Efeitos respiratórios inorgânicos (**respiratory inorganics**\*) relacionados à emissão de cinzas, enxofre e óxidos de nitrogênio para o ar.
- d) Mudança climática (**climate change**\*) relacionada à emissão de gases de efeito estufa.
- e) Radiação (**radiation**\*).
- f) Camada de ozônio (**ozone layer**\*) relacionada ao aumento da radiação ultravioleta, como resultado da emissão para o ar de substâncias que afetam a camada de ozônio.

---

\* Termos empregados na literatura inglesa.

A categoria de danos à qualidade dos ecossistemas, diferentemente da anterior, não está direcionada a organismos, plantas ou animais, de maneira individual. Ela utiliza a diversidade de espécies como um indicador da qualidade do ecossistema. Os danos são expressos em Fração com Potencial de Desaparecimento (**Potentially Disappeared Fraction**\* – PDF) por área por ano ( $\text{PDF.m}^2.\text{ano}$ ). As categorias de impacto que fazem parte dessa categoria de dano são as seguintes:

- a) Eco-toxicidade (**ecotoxicity**\*): baseia-se no cálculo da fração potencial afetada (**Potentially Affected Fraction**\* – PAF) de espécies em relação à concentração de substâncias tóxicas. As PAFs são determinadas com base em dados toxicológicos para organismos terrestres e aquáticos, tais como, microrganismos, plantas, minhocas, algas, anfíbios, moluscos, crustáceos e peixes. A PAF expressa a porcentagem de espécies que é exposta para uma concentração acima do limite no qual não se observa nenhum efeito. A mais alta concentração significa o maior número de espécies que é afetado. No cálculo da PAF também se leva em conta os aspectos temporais, já que uma substância ao ser liberada tem sua concentração elevada durante certo período de tempo. Como a PAF é baseada na concentração no nível em que nenhum efeito é observado, altos valores podem não significar efeitos realmente observáveis. Dessa forma, a PAF deve ser interpretada como um estresse tóxico e não como medida para modelar o desaparecimento ou a extinção de espécies.
- b) Acidificação e eutrofização: esse dano é causado por um complexo mecanismo bioquímico. Assim, utiliza-se a observação da acidificação e da eutrofização em plantas, de modo a estimar a probabilidade de ocorrência de espécies em determinada área. Essa estimativa é chamada de Probabilidade de Ocorrência (**Probability Of Occurrence**\* – POO). A POO é expressa no âmbito do Eco-indicador 99 como Fração com Potencial de Desaparecimento (**Potentially Disappeared Fraction**\* – PDF) que é calculada ao subtrair o valor da POO de 1 ( $\text{PDF}=1-\text{POO}$ ). O problema é que a acidificação e a eutrofização não necessariamente reduzem o número de espécies de plantas. Na verdade, são utilizadas algumas espécies, chamadas de espécies-alvo que deveriam ocorrer em determinado ecossistema se não houvesse alterações nos níveis de acidez e nutrientes causadas pelo homem. Para isso, é utilizado um programa que possui descrições detalhadas dos tipos de ecossistemas e seus respectivos conjuntos de

---

\* Termos empregados na literatura inglesa.

espécies-alvo. No modelo de dano, calcula-se então, qual a extensão do decréscimo ou o aumento do número de espécies-alvo se uma deposição é adicionada ao ambiente. É importante ressaltar, primeiramente, que esse modelo está disponível apenas para as condições da Holanda. Dessa forma, para efeito de sua utilização no Eco-indicador supõe-se que a situação holandesa seja representativa da Europa. Em segundo lugar, estão incluídos, nesse modelo, apenas os danos causados via deposições aéreas. Assim, não estão incluídos os efeitos de fosfatos e outras emissões para a água.

- c) Uso de área: nessa categoria de dano, também se usa a PDF como indicador. Nesse caso, no entanto, não são consideradas espécies-alvo, mas todas as espécies. O modelo é bastante complexo e considera os danos nos âmbitos local e regional. Os efeitos locais referem-se às alterações no número de espécies ocorridas na própria área ocupada ou convertida, ao passo que os efeitos regionais relacionam-se às alterações nas áreas externas. Os danos podem ser causados pelo aumento no tamanho da área ocupada, no tempo de ocupação ou no tempo de restauração para uma área anteriormente convertida.

A categoria danos aos recursos naturais relaciona-se apenas aos recursos minerais e aos combustíveis fósseis. O uso agrícola ou para silvicultura de recursos bióticos, bem como a extração de recursos, como areia ou cascalho, são considerados na categoria de impacto uso de áreas. Recursos bióticos extraídos diretamente da natureza, tais como, peixes e plantas silvestres não são ainda considerados pelo Eco-indicador 99. Escolheu-se a concentração como o principal indicador da qualidade dos recursos naturais. O pressuposto para a análise é o fato de que os depósitos com alta concentração de um dado recurso são explorados primeiro, deixando para as gerações futuras aqueles que têm baixas concentrações. Teoricamente, então, o grau de recursos disponíveis para as futuras gerações será reduzido pelas extrações atuais. A base para análise dos danos aos recursos é feita em função da necessidade adicional de energia para extração desses recursos à medida que sua concentração decresce. Isto é, quanto mais recursos são extraídos, tanto maiores serão as necessidades de energia para sua extração no futuro. A unidade da categoria de dano aos Recursos é a energia extra (**surplus energy** <sup>\*</sup>), expressa em Mega Joule (MJ) por quilo de material extraído. Ela representa o aumento esperado de energia de extração por quilo de material quando a humanidade tiver retirado uma quantia igual a cinco vezes a quantidade acumulada de

---

\* Termo empregado na literatura inglesa.

materiais extraídos desde o início da extração até 1990. Como cinco é um valor arbitrário, o valor absoluto da energia extra não traz um significado real, ela é usada apenas para agrupar danos advindos da extração de diferentes recursos.

As categorias de danos são normalizadas com base nos níveis europeus. A fase final do cálculo do Eco-indicador 99 consiste em agregar as três categorias de danos (saúde humana, qualidade de ecossistemas e recursos naturais) para a formação de um escore final que será o valor do indicador. Para isso, é necessário realizar uma ponderação entre elas para a formação do indicador.

Essa ponderação é uma fase subjetiva por natureza, pois envolve o conjunto dos valores dos indivíduos que influencia suas percepções em relação aos impactos ambientais. A ponderação para o cálculo do Eco-indicador 99 é realizada com base no conceito da teoria cultural, proposta por Thompson; Ellis e Wildavsky (1990)<sup>8</sup> *apud* Goedkoop e Spriensma (2001). Essa teoria propõe sistemas de comportamento dos indivíduos em função de dois eixos: a força das relações existentes entre os indivíduos e seu próprio grupo e a influência das limitações externas. Na Figura 3.5, pode-se ver a tipologia de comportamentos a partir desses dois eixos. A posição dos indivíduos nessa tipologia e sua linha cultural são chamadas de estilos de vida. A hipótese sobre a teoria cultural é que esses estilos têm grande influência no sistema de valores dos indivíduos e de seus grupos.

Para efeito da ponderação, apenas os tipos igualitário, individualista e hierárquico são utilizados, pois o tipo fatalista tende a não ter opiniões, enquanto o tipo autonomista pensa de maneira completamente independente (Figura 3.5). Dessa forma, o Eco-indicador 99 possui três versões, conforme descrição abaixo:

- a) Versão individualista: são incluídas apenas as relações de causa-efeito comprovadas, pois, na visão individualista, os limites podem ser negociados apenas se forem fornecidas provas suficientes. A perspectiva de tempo é de curto prazo.
- b) Versão hierárquica: inclui fatos que são assegurados por documentos científicos ou de políticas com suficiente reconhecimento. A visão hierárquica é comum entre a

---

<sup>8</sup> THOMPSON, M.; ELLIS, R; WILDAVSKY, A. **Cultural theory**. Westview Print Boulder, 1990.

comunidade científica e os elaboradores de políticas. A perspectiva de tempo é de médio prazo.

- c) Versão igualitária: baseia-se no princípio da precaução, isto é, todos os danos que têm possibilidade de ocorrer são incluídos. A perspectiva de tempo é de longo prazo, já que na visão igualitária não se aceita que problemas futuros possam ser evitados. Essa é a versão de mais fácil compreensão, no entanto é também a que apresenta maiores imprecisões, pois são incluídos dados sobre os quais há pouco consenso.

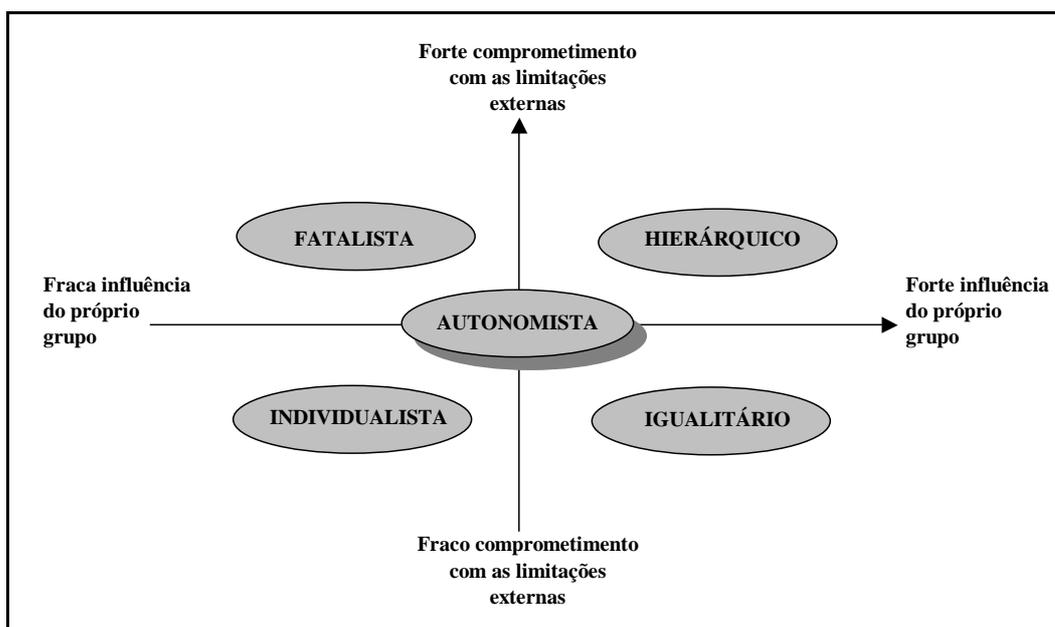


Figura 3.5 – Tipologia de estilos de vida distinguida pela teoria cultural. O autonomista não tem uma posição fixa porque se considera que ele não possui relações sociais e, dessa forma, deve ser visto flutuando sobre os outros grupos (modificado – Goedkoop; Spriensma, 2001, p.16).

As ponderações utilizadas em cada versão encontram-se na Tabela 3.6. Para esta dissertação foi escolhida a versão hierárquica, visto que é a mais aceita do ponto de vista científico. Na Figura 3.6, mostra-se de maneira sintética a representação da metodologia do Eco-indicador 99.

Tabela 3.6 – Ponderações utilizadas nas três versões do Eco-indicador 99.

Categorias de dano	Versões do Eco-indicador 99		
	Hierárquica	Igualitária	Individualista
Saúde humana	300	300	550
Ecosistemas	400	500	250
Recursos	300	200	200
<b>Total</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>

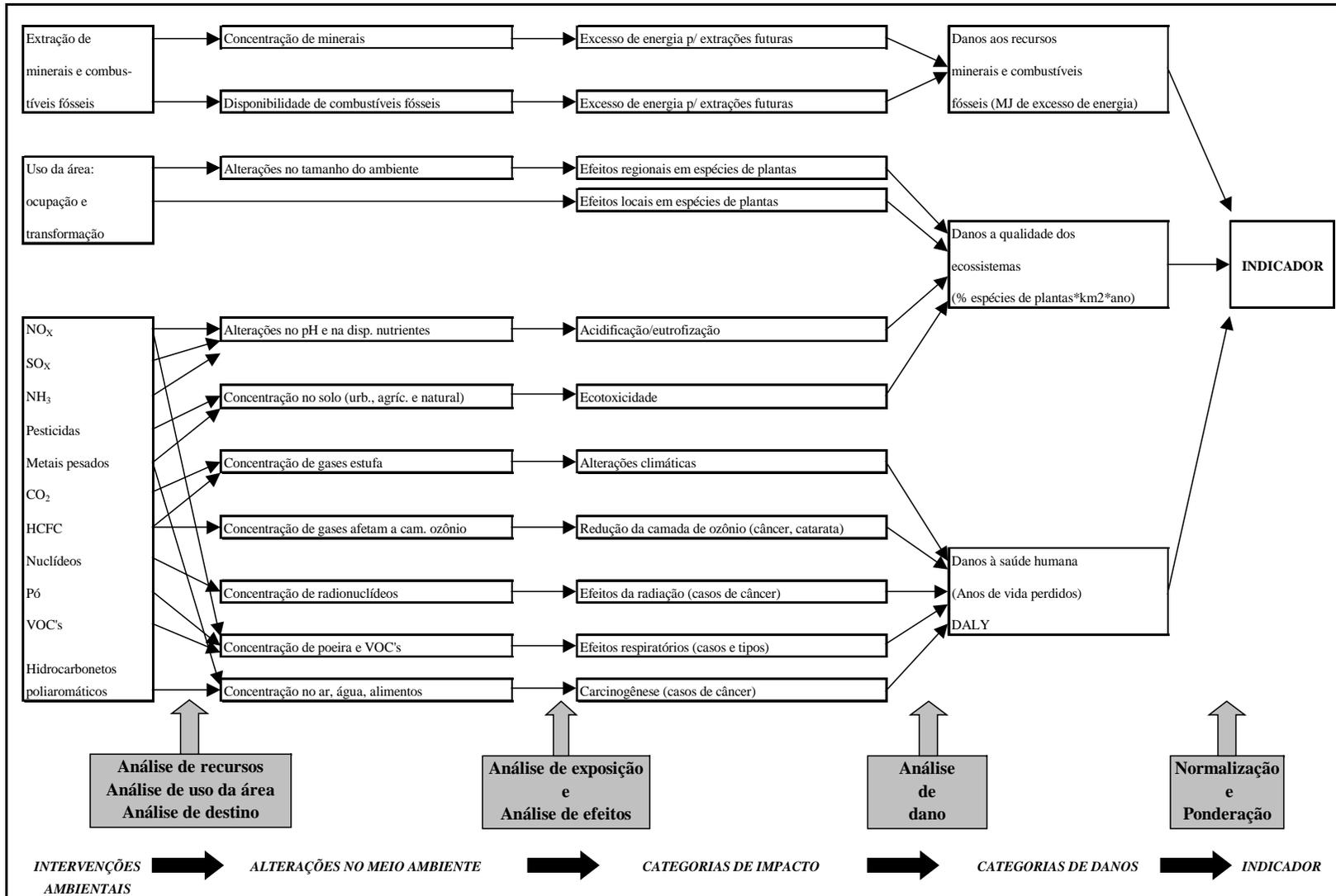


Figura 3.6 – Representação geral da metodologia do Eco-indicador 99. As caixas cinzas representam os procedimentos, enquanto que as outras representam os resultados intermediários (modificado – Goedkoop; Spiensma, 2001, p.10).

## **4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A hipótese deste trabalho está relacionada à questão que, mesmo sendo criticado, o modelo de exploração baseado na “Revolução Verde”, ou seja, na utilização intensiva, sobretudo, de insumos químicos e mecanização, também serve de orientação à exploração dos sistemas de produção da agricultura familiar, ainda que esses agricultores não consigam utilizar “pacotes tecnológicos” em sua totalidade.

Dessa forma, a hipótese é que os maiores resultados econômicos estão associados aos sistemas de produção que causam maiores impactos ambientais, porque são mais intensivos em tecnologias com uso de insumos sintéticos (adubos, rações, medicamentos, agrotóxicos, etc) e mecanização.

Neste Capítulo, primeiramente, é feita uma caracterização dos sistemas de produção, destacando-se os elementos importantes do ponto de vista do estudo. Em seguida, são apresentados seus resultados econômicos. Posteriormente, discutem-se os impactos ambientais desses sistemas e os principais componentes que contribuem para esses impactos. São também discutidas as principais fontes de impacto dos ciclos que têm maior participação no impacto total dos sistemas para, ao final, discutir a relação entre os resultados econômicos alcançados e os impactos ambientais, considerando a hipótese levantada.

### **4.1 – CARACTERIZAÇÃO DO GRAU DE INTENSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

O passo inicial para discussão dos resultados consiste em especificar o grau de intensificação dos diferentes sistemas, uma vez que a hipótese de pesquisa refere-se a ela como o elemento diferenciador tanto dos resultados econômicos quanto dos impactos ambientais.

Embora a intensificação seja um elemento da tipologia, a pesquisa realizada permitiu detalhar as diferenças existentes entre os sistemas estudados. Assim, será feita uma descrição dos mesmos, buscando caracterizar os diferentes graus de intensificação. Essa descrição é

importante, pois permite confirmar a tipologia, bem como quantificar a utilização de insumos e maquinário

A estrutura dos sistemas (Tabela 4.1) apresentou certa semelhança. A maior parte da área estava destinada às pastagens, enquanto as lavouras e outros cultivos ocuparam áreas menores. As lavouras foram maiores nos sistemas S01 e S02, ao mesmo tempo em que, nos sistemas S03 e S04 aumentaram as áreas de capineira e cana, destinadas à alimentação do rebanho no período de seca (maio a setembro).

Tabela 4.1 – Distribuição das terras de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

Discriminação	S01		S02		S03		S04	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Quintal	0,50	1,9	0,50	2,7	0,50	2,4	1,00	5,6
Lavouras	3,40	12,6	2,70	14,6	2,00	9,5	0,00	0,0
Silagem	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0
Capineira	0,00	0,0	0,30	1,6	0,50	2,4	1,50	8,3
Canavial	0,50	1,9	0,50	2,7	1,00	4,8	2,50	13,9
Pastagem nativa <sup>1</sup>	7,60	28,1	2,80	15,1	2,00	9,5	1,00	5,6
Pastagem formada	15,00	55,5	11,70	63,3	15,00	71,4	12,00	66,6
<b>Total</b>	<b>27,00</b>	<b>100,00</b>	<b>18,50</b>	<b>100,00</b>	<b>21,00</b>	<b>100,00</b>	<b>18,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> São utilizadas como pastagens nativas, as áreas de campo, cerrado/cerradão e mata.

<sup>2</sup> Considera-se como área destinada à pecuária a soma das áreas de pastagens nativas, pastagens formadas, silagem, capineira e canavial.

Os sistemas também apresentaram semelhanças no que se refere aos equipamentos utilizados para preparar a alimentação do rebanho durante a seca (período de suplementação). Isto é, em todos havia maquinário como triturador ou ensiladeira, destinados a picar forragem (volumoso). No entanto, houve diferenças nas fontes de energia para os maquinários. Nos sistemas S01 e S02, utilizou-se o diesel, ao passo que em S03 e S04, foi usada a energia elétrica.

Na Tabela 4.2, verificam-se as principais características da pecuária. Os sistemas S03 e S04 apresentaram maiores taxas de lotação, produções por área destinada à pecuária (pastagens formadas, pastagens nativas, capineira e canavial) e produções por dia de trabalho familiar. Destaca-se, no entanto, que S03 apresentou a menor média de produção por vaca. Basicamente, a alimentação suplementar na época de seca foi composta de cana e capim, como alimentos volumosos e pelo fornecimento de concentrados. Contudo, apenas S03 e S04

forneceram volumoso durante o período de estudo. Nesses sistemas foi utilizada uréia associada à cana. Em todos os sistemas, os agricultores empregaram ração concentrada comercial, sendo que em S04 houve o maior fornecimento de concentrado por Unidade Animal. No sistema S03, além da ração comercial, foram fornecidos farelo de soja e milho. A mineralização (sal comum e sal mineral) foi baixa em todos os sistemas, o mesmo aconteceu para o uso de medicamentos para o rebanho.

De maneira geral, os sistemas S03 e S04 mostraram-se mais intensivos em termos da pecuária. No sistema S01, observou-se valor alto para a quantidade de ração fornecida aos animais, no entanto, não houve fornecimento de sal mineral. É importante ressaltar que o período de acompanhamento (out. 2002 a jun. 2003) não abrangeu todo o ano agrícola. Dessa forma, uma parcela do período de seca não foi incluída no trabalho, o que provavelmente elevaria as quantidades de ração fornecidas, sobretudo, em S02, S03 e S04, uma vez que o produtor do sistema S01 não estava produzindo leite na seca.

Tabela 4.2 – Características da pecuária de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Características</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>	<b>S04</b>
Tamanho do rebanho (UA)	5,13	17,13	26,40	30,38
Taxa de lotação (UA/ha)	0,24	1,16	1,32	2,34 <sup>1</sup>
Área de pecuária com pastos formados (%)	69,77	75,48	81,08	70,59
Área de pecuária com cana e capineira (%)	2,33	5,16	8,11	23,53
Área de capineira e canavial por UA (m <sup>2</sup> )	975	467	568	1.152
Produção total de leite (l)	5.517	7.236	10.072	27.406
Produção média por vaca (l/dia)	6,5	6,7	5,0	7,1
Produção média de leite por dia (l)	20	27	37	100
Produção de leite por área de pecuária (l/ha)	257	467	544	1.612
Dias de trabalho familiar	67	84	90	231
Produção de leite por dia de trabalho familiar (l)	82	86	112	119
Ração concentrada (kg/UA)	39,9	4,7	29,9	101,7
Sal mineral (g/UA/dia)	0,00	5,35	36,08	12,67
Sal comum (g/UA/dia)	17,83	0,00	6,92	18,10
Mineralização (g/UA/dia)	17,83	5,35	43,00	30,77

<sup>1</sup> O produtor precisou alugar pastagens durante o ano.

Na agricultura, o milho e o arroz apareceram como os cultivos principais e foram conduzidos em solos de alta fertilidade. O milho apresentou a maior área cultivada. Os itinerários técnicos utilizados nessa cultura estão descritos na Tabela 4.3. O agricultor do sistema S04 não conduziu lavouras no ano agrícola 2002/2003.

Tabela 4.3 – Itinerários técnicos do cultivo de milho em três sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Características</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>
Área (ha)	3,00	2,12	2,00
Preparo de solo	Trator alugado	Trator alugado	Tração animal trator alugado
Implementos	Grade aradora grade niveladora	Grade aradora grade niveladora	Arado tração animal grade niveladora
Preparo de solo (horas maq./ha)	2,76	3,30	2,25
Plantio	Manual (Matraca)	Trator	Trator
Plantio (horas maq./ha)	0,00	1,18	1,00
Semente	Comercial	Comercial	Comercial
Adubação	Não foi realizada	Química (160 kg/ha de 5-25-15)	Química (50 kg/ha de 5-25-15)
Adubação de plantio (kg/ha)	Não foi realizada	Nitrogênio (N): 08 Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ): 40 Potássio (K <sub>2</sub> O): 24	Nitrogênio (N): 03 Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ): 13 Potássio (K <sub>2</sub> O): 8
Adubação de cobertura	Não foi realizada	Não foi realizada	Não foi realizada
Tipo de capina	Manual (enxada)	Manual (enxada)	Tração animal e herbicida (2,4 D)
Número de capinas	2	2	2
Capinas (dias/ha)	5	9	4
Colheita	Manual e Mecânica (batedeira de cereais)	Manual e Mecânica (batedeira de cereais)	Manual e Mecânica (batedeira de cereais)
Colheita (horas maq./ha)	2,10	1,60	1,00
Total Mecanização (horas maq./ha)	4,86	6,08	3,75
Dias de trabalho/ha	24	17	18
Gastos/ha (R\$) <sup>1</sup>	294,65	358,37	214,79
Produtividade (kg/ha)	3.640	2.689	3.360
Produto obtido por dia de trabalho (kg)	152	158	187
Produto obtido por R\$ <sup>1</sup> gasto (kg)	12,35	7,50	15,64

<sup>1</sup> Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

As produtividades encontraram-se abaixo da média geral do município que é de 4.058 kg/ha, conforme Tabela 4.4. Paradoxalmente, o sistema S02, que apresentou a maior

intensificação em termos de mecanização e adubação, foi o que obteve a menor produtividade. No entanto, as adubações que foram feitas estiveram abaixo das recomendações gerais, segundo Embrapa (1997), sobretudo, quanto ao fósforo ( $P_2O_5$ ), que seriam em torno de noventa kg/ha de  $P_2O_5$ , considerando que mesmos os solos férteis na Região do Cerrado contêm baixos teores desse nutriente. Além disso, nesse sistema houve alta infestação de plantas daninhas, resultando em aproximadamente o dobro de dias de trabalho para capina que os outros sistemas. O sistema S03, apesar de não ter obtido a maior produtividade por área, alcançou as maiores produtividades de fatores escassos como mão-de-obra e capital. Ao que parece, o uso da tração animal não sobrecarregou demasiadamente o trabalho, ao mesmo tempo em que permitiu redução nos gastos.

Tabela 4.4 – Produtividade dos cultivos de arroz e milho do Município de Unaí-MG no período de 1990 a 2001.

<b>Ano</b>	<b>Produtividade (kg/ha)</b>	
	<b>Arroz</b>	<b>Milho</b>
1990	1.140	1.211
1991	2.097	4.000
1992	1.476	4.082
1993	1.042	4.475
1994	1.645	4.997
1995	1.200	4.096
1996	1.296	3.720
1997	1.483	4.920
1998	1.650	4.050
1999	9.23	4.336
2000	2.000	5.262
2001	-	3.552
<b>Média</b>	<b>1.450</b>	<b>4.058</b>

Fonte: IBGE-Produção Agrícola Municipal.

O arroz (Tabela 4.5) foi cultivado apenas nos sistemas S01 e S02 em áreas menores que as do milho. As práticas, à exceção do preparo de solo, foram realizadas manualmente. As produtividades situaram-se acima da média geral do município que é de 1.450 kg/ha (Tabela 4.4). Novamente, no sistema S02 houve alta infestação de plantas daninhas, o que reflete o elevado número de dias de serviço destinado à capina (Tabela 4.5). Como as áreas foram muito pequenas, os dados devem ser analisados com cautela, pois há uma tendência de superestimá-los.

Tabela 4.5 – Itinerários técnicos do cultivo de arroz em dois sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Características</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>
Área (ha)	0,40	0,58
Preparo de solo	Trator	Trator
Implementos	Grade aradora grade niveladora	Grade aradora grade niveladora
Preparo de solo (horas maq./ha)	5,78	2,59
Plantio	Manual (Matraca)	Manual (Matraca)
Semente	Própria	Própria
Adubação	Não foi realizada	Química (138 kg/ha de 5-25-15)
Adubação de plantio (kg/ha)	Não foi realizada	Nitrogênio (N): 09 Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ): 47 Potássio (K <sub>2</sub> O): 28
Adubação de cobertura	Não foi realizada	Não foi realizada
Tipo de capina	Manual (enxada)	Manual (enxada)
Número de capinas	1	2
Capinas (dias/ha)	10	34
Colheita	Manual	Manual
Total mecanização (horas maq./ha)	5,78	2,59
Dias de trabalho/ha	50	55
Gastos/ha (R\$) <sup>1</sup>	181,40	268,26
Produtividade (kg/ha)	3.000	1.552
Produto obtido por dia de trabalho (kg)	60	28
Produto obtido por R\$ <sup>1</sup> gasto (kg)	17	6

<sup>1</sup> Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Na agricultura, de maneira geral, o sistema S02 apresentou o maior grau de intensificação tanto em adubação quanto em mecanização. No entanto, isso não significou maiores produtividades. O sistema S01 foi o menos intensificado porque, mesmo apresentando uma quantidade de horas máquina por hectare maior que S03, não aplicou fertilizantes. Nesse aspecto, é importante destacar que as quantidades de adubo empregadas, sobretudo, no milho, foram muito baixas. Nos itinerários técnicos desse cultivo, no entanto, fez-se uso de mecanização em fases normalmente executadas manualmente, como o plantio e

a colheita. Assim, na agricultura verificou-se um baixo nível de intensificação em relação à aplicação de fertilizantes, enquanto foi mais intensiva em relação à mecanização.

A criação de suínos e aves caracterizou-se pela pequena escala e pela rusticidade. Na maior parte dos sistemas utilizou-se o milho produzido como base para a alimentação. Apenas em S04 foi fornecida ração concentrada. De maneira semelhante, a transformação de produtos, realizada nos sistemas S01 e S02, caracterizou-se por um processo de produção bastante simples, em que o principal insumo utilizado foi o leite produzido no próprio sistema.

Esse conjunto de atividades foi conduzido pelos agricultores e suas famílias. As características do núcleo familiar de cada sistema encontram-se na Tabela 4.6. S01 apresentou maior número de dias de trabalho fora do sistema e os maiores gastos familiares, o que provavelmente indica que apenas as atividades de produção não foram suficientes para garantir as necessidades econômicas da família. Além disso, nesse sistema havia maior disponibilidade de mão-de-obra que em S03 e S04, o que significa que foi possível utilizar esse fator para gerar ingressos monetários em períodos de ociosidade. Nos outros sistemas, a pecuária foi a atividade que consumiu a maior quantidade de dias de trabalho.

Tabela 4.6 – Características do núcleo familiar, distribuição da mão-de-obra da família e gastos familiares em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

	S01	S02	S03	S04
Membros da família (dependentes)	4	5	4	4
Unidades de Trabalho Homem (UTH)	2,8	2,8	1,5	1,8
Dias de serviço na agricultura	43	54	27	0
Dias de serviço na pecuária	67	84	90	231
Dias de serviço na transformação de produtos	2	44	0	0
Dias de serviço outras criações	48	44	72	24
Dias de serviço em atividades gerais no sistema	17	8	32	12
Dias de serviço em atividades fora do sistema	116	35	47	2
Dias de serviço totais	293	269	268	269
Gastos familiares correntes <sup>1</sup> (R\$)	2.104,34	1.542,07	2.304,24	1.986,50
Gastos familiares excepcionais <sup>2</sup> (R\$)	456,62	52,10	0,00	150,00
Total de gastos familiares (R\$)	2.560,96	1.594,17	2.304,24	2.136,50

Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

<sup>1</sup> Gastos relacionados com vestuário, alimentação, educação, transporte, saúde, etc.

<sup>2</sup> Gastos que não ocorrem com regularidade ou que são imprevistos (compra de televisão, gastos extras com saúde, etc).

De maneira geral, a pecuária foi a atividade que se destacou em termos de área ocupada e também no que se refere à demanda de mão-de-obra familiar. Sua intensificação, então, determinou também o grau de intensificação dos sistemas. Nessa lógica, pode-se dizer que S01 foi o sistema menos intensivo, enquanto S02 e S03 apresentaram-se relativamente próximos. No sistema S02, a agricultura foi mais intensificada, ao passo que S03 foi mais intensivo na pecuária. Como a pecuária revelou-se como um elemento determinante para o grau de intensificação, pode-se considerar S03 mais intensivo que S02. O sistema S04 apresentou-se como o mais intensivo, em função da alta quantidade de ração fornecida ao rebanho, mesmo não conduzindo lavouras no período de acompanhamento.

Cabe ainda destacar que a intensificação discutida nesta dissertação refere-se apenas à comparação entre os sistemas estudados. Isto é, dentro da diversidade da agricultura familiar existem sistemas mais intensivos que outros, o que não significa que eles possuam alto grau de intensificação. Provavelmente, em comparação com sistemas de outras regiões ou de agricultura patronal, os sistemas aqui identificados como mais intensivos seriam considerados pouco intensivos.

#### **4.2 – RESULTADOS ECONÔMICOS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Os indicadores escolhidos para determinar os resultados econômicos dos sistemas baseiam-se no que se definiu como Benefício da Produção (BP) que é o resultado obtido ao subtrair da soma dos ingressos da produção o valor dos gastos para a realização desse processo.

É importante salientar que foram delimitadas como atividades da produção aquelas relacionadas à pecuária, à agricultura, a outras criações (suínos e aves) e a transformações de produtos. As atividades de venda de mão-de-obra não foram consideradas, pois funcionam como um complemento, nos casos em que o produtor não consegue garantir os ingressos mínimos necessários à manutenção da família por meio da produção. Além disso, o BP baseia-se no fluxo caixa, ou seja, nas vendas (ingressos) e gastos necessários à realização do processo de produção.

Na Tabela 4.7, pode-se observar a estrutura dos ingressos dos sistemas de produção. O arroz e os ovos comportaram-se como produtos tipicamente destinados ao consumo próprio (consumo familiar), enquanto os produtos oriundos da pecuária (leite, bovinos e leite transformado), à exceção de S01, participaram com mais de 80% dos ingressos em todos os sistemas de produção. O sistema S02, apesar de ter exibido a agricultura mais intensificada, não realizou nenhuma venda de produto dessa atividade no período acompanhado. No caso do milho, que apresentou a maior área de plantio e uma baixa produtividade, isso pode indicar que a quantidade colhida foi suficiente apenas para o consumo interno do estabelecimento. Além disso, S02 obteve o maior percentual de ingressos oriundos da venda de outras criações (12,13%), o que pode significar uma alta demanda desse produto. Nos sistemas mais intensivos (S03 e S04) observou-se forte dependência da pecuária como fonte de ingressos, e, em S04 ela representou 100% dos ingressos.

Tabela 4.7 – Estrutura dos ingressos da produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

Produtos <sup>1</sup>	S01		S02		S03		S04	
	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)
Leite	1.132,20	34,61	1.097,73	33,04	2.111,85	61,09	7.575,30	74,98
Bovinos	0,00	0,00	1.120,00	33,71	848,09	24,53	2.527,40	25,02
Leite transformado	157,34	4,81	701,67	21,12	0,00	0,00	0,00	0,00
Milho	1.768,25	54,05	0,00	0,00	392,59	11,36	0,00	0,00
Arroz	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suíños	196,11	5,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Aves	17,44	0,54	403,51	12,13	104,63	3,02	0,00	0,00
Ovos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>3.271,34</b>	<b>100,00</b>	<b>3.322,91</b>	<b>100,00</b>	<b>3.457,16</b>	<b>100,00</b>	<b>10.102,70</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Os gastos realizados encontram-se na Tabela 4.8. A mecanização representou um gasto bastante expressivo, sobretudo, nos sistemas menos intensivos (S01 e S02) cujas áreas de agricultura foram maiores. Ao contrário, nos sistemas mais intensivos, os gastos com ração e outros produtos da pecuária foram mais expressivos.

Os resultados (Tabela 4.8) não descreveram uma correlação positiva entre a intensificação dos sistemas e os respectivos gastos. Somente S04 apresentou gastos elevados associados à intensificação e à especialização na produção de leite.

Tabela 4.8 – Estrutura dos gastos da produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

Gastos <sup>1</sup>	S01		S02		S03		S04	
	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)	(R\$)	(%)
Manutenção de pastagens	0,00	0,00	0,00	0,00	69,61	7,15	250,99	9,64
Aluguel de pastagens	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	276,49	10,62
Ração	102,38	6,45	36,71	3,10	209,21	21,49	1.480,07	56,87
Uréia	0,00	0,00	0,00	0,00	31,60	3,25	26,26	1,01
Mineralização	4,81	0,30	15,69	1,33	120,95	12,42	83,96	3,23
Remédios	35,24	2,22	13,11	1,11	26,07	2,68	17,48	0,67
Sementes	326,84	20,58	120,00	10,14	92,59	9,51	0,00	0,00
Adubos	0,00	0,00	320,00	27,03	85,04	8,74	0,00	0,00
Mecanização	538,30	33,90	506,13	42,75	147,64	15,17	0,00	0,00
Agrotóxicos	0,00	0,00	0,00	0,00	25,75	2,65	0,00	0,00
Mão-de-obra temporária	319,04	20,09	63,03	5,32	69,64	7,15	146,73	5,64
Outros gastos variáveis <sup>2</sup>	57,21	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	150,48	5,78
Gastos gerais <sup>3</sup>	204,25	12,86	109,34	9,22	95,36	9,79	169,87	6,54
<b>Total</b>	<b>1.588,07</b>	<b>100,00</b>	<b>1.184,01</b>	<b>100,00</b>	<b>973,46</b>	<b>100,00</b>	<b>2.602,33</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

<sup>2</sup> Leitões, sacos, frete de produtos e insumos.

<sup>3</sup> Manutenção de equipamentos e benfeitorias, combustíveis, lubrificantes, energia, pequenas ferramentas, impostos, mensalidades, etc.

No cálculo dos valores dos ingressos e gastos, consideraram-se, conforme Tabela 4.9, as diferenças de preços obtidas em virtude de épocas de compra e venda, quantidades, marcas de produtos, compradores, fornecedores, etc.

Os valores recebidos pelos principais produtos componentes dos ingressos (leite, bovinos, leite transformado e milho) não exibiram grandes variações, exceto no caso do sistema S03, no qual o preço do leite foi bem menor que nos demais sistemas (Tabela 4.9). Essa diferença representou redução no nível de ingressos desse sistema, afetando seus resultados econômicos negativamente. O sistema S02 recebeu o maior preço por bovinos vendidos, o que impactou positivamente seus ingressos. Esse efeito dos preços aproximou os ingressos dos sistemas S02 e S03. Pode-se dizer, então, que os maiores níveis de ingressos dos sistemas mais intensivos são, em grande parte, resultado da maior produção e produtividade e não das diferenças entre os preços recebidos.

Os gastos apresentaram uma variação maior nos valores, em virtude de maior número de opções. Em S01 o item de gasto que apresentou maior contribuição percentual no total foi a mecanização (Tabela 4.8), justamente aquele que o produtor pagou, em comparação com os

outros sistemas, o menor preço unitário (Tabela 4.9). Fato semelhante aconteceu para o item mão-de-obra temporária. Nos sistemas mais intensivos, os produtores pagaram preços relativamente menores pela ração comercial, contudo a diferença foi de apenas R\$ 0,03 por cada quilo comparado com S02 (Tabela 4.9). Em comparação com S01, a diferença foi maior (R\$ 0,08), no entanto, a quantidade total empregada nesse sistema foi menor que aquelas utilizadas por S03 e S04.

O fato de S02 ter apresentado o total de gastos maior que S03 (Tabela 4.8) está ligado ao valor da hora máquina e da compra de adubo. No entanto, S02 pagou, respectivamente, preços unitários de R\$ 1,11 e R \$0,05 menores que S03 (Tabela 4.9). A diferença de valores foi obtida em função da maior quantidade despendida em S02 (Tabela 4.8).

À Semelhança dos ingressos, as diferenças de preços unitários médios pagos pelos insumos e serviços não foram suficientes para explicar as diferenças nos totais de gastos. As diferenças encontradas associaram-se mais fortemente às quantidades utilizadas.

Tabela 4.9 – Preços médios de produtos, insumos e serviços relacionados ao processo de produção de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

	Unidade	Preços médios por unidade de produto/insumo/serviço <sup>1</sup>			
		S01	S02	S03	S04
Leite	litro	0,26	0,26	0,22	0,28
Bovinos	UA	-	746,67	565,39	561,64
Leite transformado	litro	0,26	0,37	-	-
Milho	kg	0,23	-	0,24	-
Suínos	cabeça	78,44	-	-	-
Aves	cabeça	8,72	5,53	6,98	-
Ração comercial	kg	0,51	0,46	0,43	0,43
Uréia	kg	-	-	0,63	0,67
Sal mineral	kg	-	0,72	0,43	0,53
Sal comum	kg	0,19	-	0,16	0,19
Sementes (milho)	kg	2,51	2,00	2,31	-
Adubo	kg	-	0,80	0,85	-
Mecanização	hora maq.	22,55	32,36	33,47	-
Herbicida (2,4 D)	litro	-	-	12,86	-
Mão-de-obra	dia	8,86	9,23	8,78	9,30

<sup>1</sup> Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Na Tabela 4.10, são exibidos os resultados econômicos dos sistemas de produção. Os dados confirmaram a primeira parte da hipótese, que os sistemas intensivos obtêm maiores resultados econômicos, tanto em termos absolutos, quanto em relação aos fatores escassos. No que se refere à área, contudo, os sistemas S02 e S03 praticamente não apresentaram diferenças nos resultados obtidos. Entretanto, em termos de valorização da mão-de-obra familiar houve expressiva diferença entre eles. No sistema intensivo e especializado S04, constataram-se resultados bem maiores que os demais, entretanto, essa especialização pode ser problemática, considerando a sustentabilidade, pois um decréscimo no preço do leite afetaria negativamente os resultados desse sistema num grau muito maior que os outros.

Tabela 4.10 – Resultados econômicos de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

Critérios <sup>1</sup>	Unidade	Sistemas de produção			
		S01	S02	S03	S04
A – Área do sistema de produção	ha	27,00	18,50	21,00	18,00
B – UTH <sup>2</sup> do núcleo familiar	Und.	2,80	2,80	1,50	1,80
C – Ingressos da produção	R\$	3.271,34	3.322,91	3.457,16	10.102,70
D – Gastos da produção	R\$	1.588,07	1.184,01	973,46	2.602,33
E – Benefício da produção (BP): C – D	R\$	1.683,27	2.138,90	2.483,70	7.500,37
F – BP/ha: E ÷ A	R\$	62,34	115,62	118,27	416,69
G – BP/UTH: E ÷ B	R\$	601,17	763,89	1.655,80	4.166,87

<sup>1</sup> Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

<sup>2</sup> Unidade de Trabalho Homem.

Conforme discutido, os resultados econômicos obtidos pelos sistemas estão, em grande parte, ligados à sua intensificação, de maneira especial na pecuária. Cabe então verificar os impactos ambientais causados pelo seu funcionamento para alcançar tais resultados.

### 4.3 – IMPACTOS AMBIENTAIS DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO E SUA RELAÇÃO COM OS RESULTADOS ECONÔMICOS

Antes de discutir os impactos ambientais dos sistemas de produção, as seguintes considerações devem ser feitas:

- a) Conforme já destacado no capítulo anterior, a metodologia utilizada para determinar os impactos ambientais sustenta-se em bases de dados e procedimentos gerados para

as condições da Europa. Essa característica não inviabiliza o processo de comparação entre os sistemas de produção analisados, pois eles são confrontados numa mesma base. No entanto, a utilização dos resultados deve ser cautelosa e considerar sempre essa restrição.

- b) A metodologia de ACV trata de impactos ambientais potenciais, portanto, os impactos relatados nesta dissertação devem ser considerados como indicativos, e o estudo realizado, como uma ferramenta auxiliar na análise de sistemas de produção de agricultura familiar.
- c) A análise de impacto ambiental dos sistemas de produção, realizada por meio da ACV, utilizou como Unidade Funcional a geração de R\$ 1.000,00 de renda bruta durante o período do estudo (out 2002 a jun 2003). Contudo, o cálculo da quantidade de produtos, insumos e serviços necessários à geração da Unidade Funcional de cada sistema de produção foi feito de maneira linear, não considerando as variações em função de fatores de escala.
- d) Os sistemas produzem essa Unidade Funcional com produtos semelhantes, mas em composições percentuais diferentes (Tabela 4.11), o que significa quantidades diferentes de cada produto. Outro aspecto que deve ser levado em conta refere-se ao fato de que os modos de produção empregados pelos agricultores são diferentes também, conforme discutido no item anterior.

Tabela 4.11 – Composição percentual da Unidade Funcional (R\$ 1.000,00 de renda bruta) de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Produto</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>	<b>S04</b>
Leite	21,84	18,32	45,16	49,01
Bovinos	2,40	26,45	10,46	46,09
Leite transformado	5,26	15,74	0,00	0,00
Milho	56,98	25,18	34,70	0,00
Arroz	7,09	4,50	0,00	0,00
Suínos	2,75	1,74	2,04	0,81
Aves	3,13	7,60	7,09	3,51
Ovos	0,55	0,47	0,55	0,58
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Na Figura 4.1, são apresentados os impactos ambientais, expressos em valores do Eco-indicador 99, dos sistemas de produção, em termos de categorias de danos. Todos eles produziram maior impacto nas categorias saúde humana e recursos naturais. Os sistemas

mais intensivos, S03 e S04, exibiram os maiores valores para o Eco-indicador 99. Entretanto, há uma diferença em termos de categorias de danos. No sistema S03 a categoria saúde humana contribuiu com o maior impacto, enquanto em S04 a categoria recursos naturais teve maior participação no impacto total.

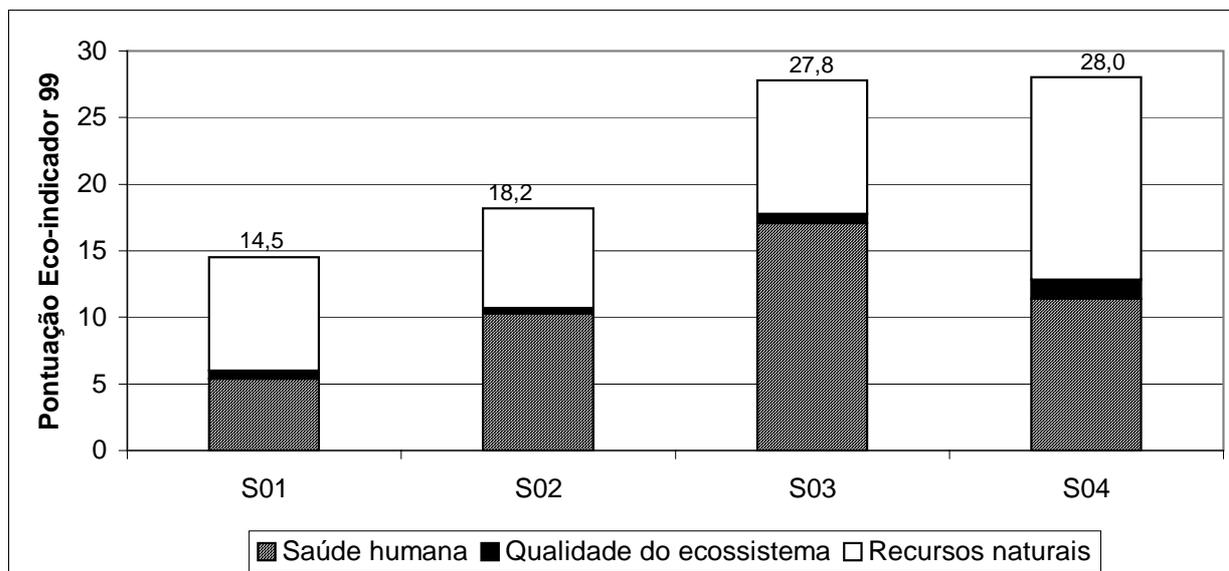


Figura 4.1 – Impactos ambientais (categorias de danos) e valor do Eco-indicador 99 de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

Na Tabela 4.12 observam-se os impactos ambientais dos sistemas em termos de categorias de impacto, ou seja, desagregando as categorias de dano. As principais categorias de impacto foram as seguintes:

- a) Efeitos respiratórios causados pela emissão de substâncias inorgânicas (**resp. inorganics**) para o ar: Esses impactos relacionam-se principalmente à produção de fertilizantes devido tanto à sua utilização direta nos sistemas de produção, quanto ao seu uso na produção do milho, necessário à fabricação da ração concentrada comercial. Outra fonte está ligada a queima de combustível pelo uso do trator e pelo transporte de produtos e insumos.
- b) Mudança climática (**climate change**) causada pela emissão de gases de efeito estufa: Destacam-se nessa categoria a produção de fertilizantes, o uso do trator e a emissão de metano pelos bovinos.

- c) Uso de combustíveis fósseis (**fossil fuels**): Esses impactos relacionam-se à matriz energética necessária à produção dos insumos, de maneira especial, a uréia, os fertilizantes e a ração concentrada comercial. Outras fontes são o uso do trator e o transporte de insumos e produtos.

Ressalta-se que as principais categorias de impacto, mudança climática e uso de combustíveis fósseis (Tabela 4.12), são consideradas pelo Eco-indicador 99 num âmbito mais global e, portanto, não refletem apenas a situação européia.

Tabela 4.12 – Valores do Eco-indicador 99 (categorias de impacto) de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Categorias de impacto</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>	<b>S04</b>
Substâncias cancerígenas	0,074	0,370	0,277	0,370
Efeitos respiratórios de subst. orgânicas	0,021	0,029	0,057	0,035
Efeitos respiratórios de subst. inorgânicas	1,980	1,560	2,040	3,450
Mudança climática	3,310	8,340	14,800	7,520
Radiação	0,000	0,000	0,000	0,000
Camada de ozônio	0,001	0,000	0,001	0,002
Ecotoxicidade	0,074	0,044	0,123	0,256
Acidificação/eutrofização	0,549	0,373	0,540	1,190
Uso do solo (Uso de área)	0,005	0,010	0,004	0,000
Minerais	0,000	0,000	0,000	0,000
Combustíveis fósseis	8,500	7,450	10,000	15,200
<b>Total</b>	<b>14,514</b>	<b>18,176</b>	<b>27,842</b>	<b>28,023</b>

Os resultados iniciais demonstraram que os sistemas mais intensivos produziram maiores impactos ambientais. Torna-se necessário, contudo, realizar uma análise mais detalhada para identificar quais componentes do sistema de produção são responsáveis pelos maiores impactos ambientais, bem como as origens desses impactos. É importante salientar, no entanto, que os sistemas produziram a Unidade Funcional (R\$ 1.000,00 de renda bruta) por meio de composições diferentes de produtos (leite, bovinos, leite transformado, suínos e aves, arroz e milho). Assim, não se pode comparar os componentes de cada sistema entre si. Isto é, não é possível, por exemplo, comparar diretamente o milho do sistema 01 com o do sistema 03, dizendo que o primeiro causa maior impacto ambiental, pois o cálculo de cada ciclo milho foi feito com base na sua participação na Unidade Funcional (Tabela 4.11), nos respectivos sistemas. Como esses percentuais foram diferentes, a comparação direta não é realizável.

Analisando-se a Tabela 4.13, observa-se que, à exceção de S01, a pecuária (ciclos leite, bovinos e leite transformado) foi o componente responsável pela maior parte do valor do Eco-indicador 99 em todos os sistemas, seguida pela produção de milho. Em S02, S03 e S04, isso pode ser explicado porque esses sistemas possuem a Unidade Funcional com alta dependência dos produtos relacionados ao ciclo de vida pecuária, 60,51% em S02, 55,62% em S03 e 95,10% em S04 (Tabela 4.11).

No entanto, mesmo em S01 que exibiu apenas 29,50% da Unidade Funcional (Tabela 4.11) relacionada aos ciclos de vida da pecuária, ela teve participação expressiva na formação do valor do Eco-indicador 99 (Tabela 4.13). Isso se explica, por um lado, porque o produtor utilizou grandes quantidades de ração concentrada (Tabela 4.2) e, por outro lado, porque o milho e o arroz, que contribuíram com 64,07% da Unidade Funcional, foram conduzidos sem uso de adubação (Tabelas 4.3 e 4.5).

Os ciclos arroz, e suínos e aves apresentaram baixa contribuição para o impacto ambiental em todos os sistemas (Tabela 4.13), sobretudo porque participaram com baixos percentuais na Unidade Funcional (Tabela 4.11). No ciclo suínos e aves, além disso, praticamente utilizou-se como insumo apenas o milho produzido no próprio sistema que, por suas características de produção, apresenta baixo impacto ambiental quando comparado ao milho comprado. Somente em S04 o produtor forneceu ração comercial e milho adquiridos no mercado.

Tabela 4.13 – Valores do Eco-indicador 99 dos ciclos (componentes) de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Ciclos componentes dos sistemas</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>	<b>S04</b>
Arroz	0,335	1,518	0,000	0,000
Milho	6,910	6,049	3,069	0,000
Suínos e aves	0,606	0,252	0,363	2,120
Bovinos	0,107	1,589	1,020	3,910
Leite	5,730	5,789	23,390	21,993
Leite transformado	0,826	2,979	0,000	0,000
<b>Total</b>	<b>14,514</b>	<b>18,176</b>	<b>27,842</b>	<b>28,023</b>

Como a pecuária e o milho foram os componentes que apresentaram maiores contribuições para o impacto ambiental dos sistemas de produção, será feita uma análise mais detalhada deles.

Na Tabela 4.14, podem ser visualizados os impactos ambientais do ciclo de vida do milho respectivamente nos sistemas S01, S02 e S03.

No sistema S01, a mecanização para preparo do solo e colheita contribuiu com a maior parte do impacto ambiental do ciclo milho. Nesse sistema não se aplicou adubação e a maior parte da produção foi vendida, o que explica o alto peso do transporte no valor do Eco-indicador. A produtividade do cultivo foi de 3640 kg/ha, em função, sobretudo, da alta fertilidade do solo. No entanto, a manutenção desse itinerário técnico, sem reposição da fertilidade, poderá comprometer, ao longo dos anos, a produtividade do cultivo, o que implicaria, por um lado, o aumento da área de milho para compor a Unidade Funcional e, por outro lado, a maior participação da pecuária na composição da Unidade Funcional. Dessa forma, os impactos ambientais poderiam aumentar com o passar do tempo.

No sistema S02, que apresentou o cultivo mais intensivo, a maior parte do valor do Eco-indicador 99 foi associada ao uso de fertilizantes (52%). Esse sistema, por um lado, apresentou o maior uso de fertilizantes e horas máquina por área e, por outro lado, não se observou produtividade elevada da lavoura. Dois aspectos podem então ser observados. Primeiramente, a participação do milho na Unidade Funcional poderia ter sido maior, o que por sua vez diminuiria a participação da pecuária, que, como foi visto, apresentou os maiores impactos nos sistemas S02, S03 e S04. Em segundo lugar, cada unidade de milho, para composição da Unidade Funcional desse sistema, promoveu maior potencial de impacto ambiental, pois necessitou de maior quantidade de adubo e mecanização para ser produzida. De maneira mais clara, enquanto S01 e S03 utilizaram respectivamente 0 e 14,9 gramas de adubo para produzir um quilo de milho, S02 utilizou 59,5 gramas (Tabela 4.3).

Em S03, a mecanização foi o componente que contribuiu com a maior parte do valor do Eco-indicador 99, mesmo o produtor tendo utilizado a tração animal para realizar a aração. Aliado a isso, a quantidade de adubo usada foi bastante baixa. Como uma parte do milho foi vendida, o transporte também representou uma parcela importante do impacto ambiental.

Tabela 4.14 – Valores do Eco-indicador 99 dos componentes do ciclo milho em três sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Componentes</b>	<b>SO1</b>	<b>SO2</b>	<b>SO3</b>
Sementes	0,467	0,193	0,179
Fertilizantes	0,000	3,142	1,080
Gradagem aradora	1,841	1,121	0,000
Gradagem niveladora	0,922	0,563	0,604
Plantio mecanizado	0,000	0,413	0,443
Batedeira de cereais	1,100	0,505	0,176
Transporte de produtos/insumos	2,580	0,112	0,587
<b>Total</b>	<b>6,910</b>	<b>6,049</b>	<b>3,069</b>

Em síntese, na produção de milho, os impactos ambientais relacionaram-se, de maneira especial, à utilização de fertilizantes e à mecanização. Como esses dois elementos estiveram associados também à maior parte dos gastos para esse cultivo (Tabela 4.15), sua utilização de maneira eficiente pode significar aumentos de rentabilidade com baixo impacto no ambiente.

É importante destacar que nenhum dos agricultores utilizou fertilização nitrogenada em cobertura, que pode permitir aumentos de produtividade, mas também é uma importante fonte de impacto ambiental. Assim, é provável que a adubação venha a ter um peso maior nos impactos, pois as operações mecanizadas tendem a se manter nos mesmos níveis.

Tabela 4.15 – Estrutura de gastos para produção de um hectare de milho em três sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Gastos<sup>1</sup></b>	<b>S01</b>		<b>S02</b>		<b>S03</b>	
	<b>R\$</b>	<b>%</b>	<b>R\$</b>	<b>%</b>	<b>R\$</b>	<b>%</b>
Mecanização preparo de solo	68,23	23,16	109,03	30,42	25,00	11,64
Mecanização plantio	0,00	0,00	33,42	9,33	30,00	13,97
Sementes	80,15	27,20	47,17	13,16	46,30	21,55
Adubo	0,00	0,00	150,94	42,12	42,52	19,79
Mão-de-obra temporária	113,25	38,44	0,00	0,00	34,82	16,21
Herbicida	0,00	0,00	0,00	0,00	14,30	6,66
Mecanização colheita	33,02	11,20	17,81	4,97	21,85	10,18
<b>Total</b>	<b>294,65</b>	<b>100,00</b>	<b>358,37</b>	<b>100,00</b>	<b>214,79</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup> Valores monetários corrigidos em relação a out. 2002 pelo IGP-DI (Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna) da Fundação Getúlio Vargas.

Na Tabela 4.16, são apresentados os impactos ambientais do ciclo de vida da pecuária respectivamente nos sistemas S01, S02, S03 e S04. As emissões de metano pelo rebanho representaram importante fonte de impacto em todos os sistemas, juntamente com a ração concentrada comercial.

Tabela 4.16 – Valores do Eco-indicador 99 dos componentes do ciclo pecuária em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

<b>Componentes</b>	<b>S01</b>	<b>S02</b>	<b>S03</b>	<b>S04</b>
Ração	2,081	0,700	2,868	12,688
Mineral	0,062	0,050	0,758	0,239
Rebanho	2,760	7,848	14,199	6,498
Uréia	0,000	0,000	0,655	0,198
Farelo de soja	0,000	0,000	0,950	0,000
Milho	0,000	0,000	0,160	0,000
Eletricidade	0,000	0,000	1,270	2,220
Transporte de produtos/insumos	1,760	1,759	3,550	4,060
<b>Total</b>	<b>6,663</b>	<b>10,357</b>	<b>24,410</b>	<b>25,903</b>

No sistema S04, que foi o mais intensivo, cerca de 49% do valor do Eco-indicador (Tabela 4.16) relacionaram-se à ração, enquanto 25% do impacto foi proveniente do rebanho. O mesmo não aconteceu em S03 no qual o rebanho foi a principal fonte dos impactos ambientais. Tal fato está relacionado à baixa eficiência do rebanho para gerar a renda bruta da pecuária. Na Tabela 4.17, pode-se observar que o sistema S03 necessitou de maior número de Unidades Animais por unidade monetária de renda bruta produzida. Grande parte dessa deficiência é resultante de sua baixa produtividade de leite por vaca. Adicionalmente, esse sistema possui alta dependência da pecuária, mais especificamente da produção de leite, na composição da Unidade Funcional. Assim, S03 demandou uma quantidade maior de Unidades Animais (UAs) para compor a Unidade Funcional. Hass et al. (2001), em trabalho comparando diferentes fazendas leiteiras na Alemanha, encontraram comportamento semelhante naquelas com baixa performance na produção de leite.

Tabela 4.17 – Participação percentual dos produtos da pecuária na composição da Unidade Funcional, produtividade do rebanho, tamanho do rebanho e UAs necessárias à composição da Unidade Funcional de quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun 2003.

	S01	S02	S03	S04
Renda Bruta da pecuária <sup>1</sup>	2.148,73	5.204,30	4.093,76	17.548,98
Tamanho do rebanho (UA)	5,13	17,13	26,40	30,38
UAs por unidade monetária de renda bruta pecuária	0,0024	0,0033	0,0064	0,0017
Leite (% da Unidade Funcional) <sup>2</sup>	27,10	34,06	45,16	49,01
Bovinos (% da Unidade Funcional)	2,40	26,45	10,46	46,09
Pecuária (% da Unidade Funcional)	29,50	60,51	55,62	95,10
Produtividade do rebanho (litros/vaca/dia)	6,5	6,7	5,0	7,1
Número de UA <sup>3</sup> necessárias à Unidade Funcional	0,70	1,99	3,59	1,65

<sup>1</sup> Soma dos valores da renda bruta do leite, leite transformado e bovinos, a preços de out. 2002.

<sup>2</sup> Soma dos percentuais do leite *in natura* e do leite transformado.

<sup>3</sup> UA: Unidade Animal, equivale a aproximadamente uma vaca com peso vivo de 400 kg.

Em síntese, na pecuária, os impactos ambientais relacionaram-se principalmente ao rebanho e à utilização de ração concentrada comercial. A alta participação do rebanho nos impactos ambientais, superando os impactos ligados à ração concentrada, não foi observada em outros estudos de ACV. Isso está relacionado, provavelmente, ao fato de que, esses estudos analisaram sistemas de produção na Europa onde o nível de utilização de concentrados na alimentação do rebanho é muito maior que o observado nos sistemas analisados. Cederberg e Mattsson (2000) relataram que uma fazenda de produção convencional, portanto intensiva, na Suécia, utilizou, num ano, em torno de 1531 kg de ração concentrada comprada por vaca. No sistema S04, que apresentou o comportamento mais intensivo nesse aspecto, o produtor, utilizando durante todo o ano a média de fornecimento de concentrado por vaca no período seco, utilizaria apenas 730 kg. É importante destacar ainda que o confinamento de animais e o fornecimento de concentrados, na Europa, não são apenas visando a alcançar altas produtividades, mas também devido a limitações climáticas.

Os resultados discutidos permitem dizer que a hipótese foi confirmada, uma vez que os sistemas de produção mais intensivos alcançaram maiores resultados econômicos e também causaram maiores impactos ambientais. Tanto os resultados econômicos quanto, principalmente, os impactos ambientais se relacionaram ao uso intensivo de insumos. No entanto, essa relação não parece ser simples, uma vez que as múltiplas interações existentes nos sistemas e entre estes e o meio externo (ambiental e socioeconômico) produzem efeitos diferenciados.

Na agricultura, por exemplo, o uso mais intensivo de fertilizantes não implicou maior produtividade, o que sobrecarregou o impacto ambiental sem produzir maior resultado econômico para o sistema.

Da mesma maneira, na pecuária, a relação entre a produtividade do rebanho e o número de Unidades Animais (UA) para formar a Unidade Funcional mostrou-se extremamente importante, uma vez que a manutenção de produtividades altas durante o ano na região de estudo é dependente do fornecimento de alimentação suplementar aos animais no período de seca. Assim, em sistemas nos quais o leite possui percentual elevado na Unidade Funcional, garantir produtividades altas do rebanho significa diminuir o número de Unidades Animais para a formação da Unidade Funcional, o que pode reduzir o impacto ambiental. No entanto, isso está associado ao fornecimento de ração que, por sua vez, eleva os impactos e aumenta os gastos, o que influencia os resultados econômicos dos sistemas.

Considerou-se que o processo de produção agrícola, como uma atividade econômica, possui um determinante da mesma natureza. Tratando-se desse processo no âmbito da agricultura familiar, esse determinante foi entendido como a busca da maximização do Benefício da Produção (BP) com o objetivo de garantir a própria produção e os ingressos necessários a cobrir os gastos com a família. Isso, no entanto, resulta em impactos ambientais.

Nesse contexto, incorporou-se o conceito de eco-eficiência na análise dos sistemas de produção. Esse conceito pode ser definido, conforme o **World Business Council for Sustainable Development** – WBCSD, como a busca da produção de bens e serviços economicamente competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro lado, reduzam progressivamente os impactos ambientais e a intensidade do uso de recursos ao longo do ciclo de vida. Assim, a eco-eficiência, mediante a ênfase na geração de valor para as atividades econômicas, vai além do uso de recursos e da redução da poluição. Esse incremento do valor de produtos e serviços criados, resulta na busca de maximização da produtividade dos recursos e na geração de benefícios ao longo do ciclo de vida dos produtos, ao invés de simplesmente minimizar os resíduos ou a poluição (WBCSD, 1996). Segundo Verfaillie e Bidwell (2000), a eco-eficiência contém duas dimensões, uma relacionada ao valor dos produtos ou serviços e,

outra, relacionada à sua influência no meio ambiente. De maneira geral, a eco-eficiência é representada pela seguinte fórmula:

$$\text{Eco-eficiência} = \frac{\text{Valor do produto ou serviço}}{\text{Influência no ambiente}}$$

Pode-se dizer, então, que a eco-eficiência dos sistemas seria a relação entre o Benefício da Produção (BP) e o impacto ambiental. Isto é, essa relação (BP/IA) expressa o BP gerado para cada ponto de impacto ambiental do Eco-indicador 99. Quanto maior a relação maior será a eco-eficiência do sistema de produção. Na Tabela 4.18, é apresentado um resumo dos resultados obtidos nessa dissertação, assim como os valores de eco-eficiência (BP/IA) dos sistemas de produção.

Tabela 4.18 – Resultados econômicos, impactos ambientais e sua relação em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003.

	S01	S02	S03	S04
Renda bruta (R\$)	7.282,83	8.601,80	7.359,86	18.454,98
Impacto ambiental (Valor do Eco-indicador 99 por R\$1000,00 de Renda bruta)	14,5	18,2	27,8	28,0
Impacto ambiental total (Valor do Eco-indicador 99)	105,60	156,55	204,60	516,64
Benefício da produção (R\$)	1.683,27	2.138,90	2.483,70	7.500,37
Benefício da produção/ha	62,34	115,62	118,27	416,69
Benefício da produção/UTH	601,17	763,89	1.655,80	4.166,87
Gastos familiares correntes <sup>1</sup> (R\$)	2.104,34	1.542,07	2.304,24	1.986,50
Gastos familiares excepcionais <sup>2</sup> (R\$)	456,62	52,10	0,00	150,00
Total de gastos familiares (R\$)	2.560,96	1.594,17	2.304,24	2.136,50
Eco-eficiência (BP/IA)	15,94	13,66	12,14	14,52

<sup>1</sup> Gastos relacionados ao vestuário, alimentação, educação, transporte, saúde, etc.

<sup>2</sup> Gastos que não ocorrem com regularidade ou que são imprevistos (compra de televisão, gastos extras com saúde, etc).

De maneira geral, os sistemas não apresentaram diferenças muito grandes na relação BP/IA. O sistema S01 alcançou o melhor valor de eco-eficiência (BP/IA), no entanto a necessidade de ingressos da família não foi coberta apenas com a produção, forçando o produtor a vender mão-de-obra. No outro extremo, S03 apresentou a menor eficiência, pois mostrou impacto semelhante a S04 e um BP bem menor. Esse fato reforça a importância da reflexão sobre os níveis de intensificação desejáveis para os sistemas de produção, considerando os aspectos ambientais e econômicos. Ao que parece, o incremento de produtividade, sobretudo, da pecuária, por meio da intensificação causa efeitos benéficos nos resultados econômicos, sem aumentar demasiadamente os impactos ambientais. Estabelecer

esses níveis não é foco deste trabalho, no entanto, entende-se que a capacitação dos agricultores no manejo dos fatores de produção e das tecnologias é de grande importância para que o uso dos insumos se reverta realmente em resultado.

Em relação à pesquisa agropecuária, é necessário refletir sobre as tecnologias que poderiam aumentar a eco-eficiência dos sistemas de produção, por meio do incremento dos resultados econômicos sem elevar, ou ainda diminuindo, os impactos ambientais. Nesse aspecto, é importante considerar também a diversidade da agricultura familiar, pois as estratégias para melhoria dos resultados podem ser, e provavelmente serão, diferentes para cada tipo de sistema. Ferramentas como a tipologia de sistemas de produção e a rede de estabelecimentos de referência têm grande potencial de auxílio no estudo e acompanhamento do impacto das alternativas tecnológicas na eco-eficiência dos sistemas.

Os resultados aqui discutidos são relevantes na medida em que os sistemas analisados são representativos dos tipos identificados no diagnóstico inicial. Cabe ressaltar que os diferentes tipos de sistemas de produção apresentaram resultados econômicos e impactos ambientais bem diferenciados.

No entanto, sobretudo, no caso dos resultados econômicos, o mesmo aconteceu entre sistemas de um mesmo tipo, ou seja, S01 e S02 apresentaram resultados bastante diferentes entre si, assim como S03 e S04. Isso ocorreu em virtude de os sistemas analisados estarem nos limites inferiores, caso de S01 e S03, e superiores, caso de S02 e S04, dos tipos identificados.

Ao que parece, a tipologia utilizada pode ser refinada. O sistema S01 poderia configurar um tipo de sistema que explora mais a atividade agrícola que é complementada pela pecuária, enquanto S04 configuraria um tipo especializado na produção de leite. A confirmação desses novos tipos, logicamente, necessita de uma nova análise das informações do diagnóstico inicial.

#### 4.3.1 – Considerações sobre a aplicação da metodologia de ACV

É possível fazer algumas considerações sobre a aplicação da metodologia de ACV, tendo como base seu uso nesta dissertação.

A definição da Unidade Funcional, baseada em um valor econômico, apresentou, por um lado, a vantagem de permitir a comparação entre sistemas diferentes. Da mesma maneira como foram comparados sistemas de agricultura familiar poderia ter sido feito um estudo comparativo entre estes e sistemas de agricultura patronal. Por outro lado, há grande influência dos preços utilizados, ou seja, uma alteração dos preços dos produtos modificaria substancialmente a Unidade Funcional e, conseqüentemente, os impactos ambientais.

A análise dos sistemas de produção não levou em conta a venda de mão-de-obra. No entanto, todos eles apresentaram uma parcela de trabalho fora (remunerado ou não). Como uma parcela significativa da agricultura familiar utiliza-se desse tipo de serviço para complementar os ingressos, torna-se necessário estabelecer estudos para identificar impactos ambientais que possam ser associados a essa atividade.

As limitações decorrentes do uso de bases de dados européias poderiam ser contornadas pelo estabelecimento de projetos de pesquisa com o objetivo de confeccionar bases nacionais. Para ilustrar como esse fator é relevante para a utilização dos dados da ACV foi feita uma análise alterando-se as fontes de energia dos processos utilizados nos ciclos de vida dos sistemas, respeitando-se os limites permitidos pelo programa SIMAPRO, . A alteração foi feita inserindo-se a energia hidrelétrica nas matrizes energéticas em substituição às fontes normalmente utilizadas na Europa (termelétricas, gás, petróleo e energia nuclear).

Na Figura 4.2, apresenta-se o ciclo de vida da pecuária do sistema de produção S04 com a matriz energética utilizada pelo SIMAPRO, enquanto na Figura 4.3 é mostrado o mesmo ciclo após a modificação nas fontes de energia. Comparando as duas figuras, observa-se que houve uma queda no número de materiais/processos relacionados ao ciclo, bem como no valor do Eco-indicador 99. Isso ocorreu porque a energia hidrelétrica não é relacionada a nenhum tipo de impacto ambiental. Dessa forma, o impacto ambiental do ciclo pecuária foi reduzido em aproximadamente três pontos do Eco-indicador 99, que é justamente o valor da contribuição dos processos que foram substituídos pela energia hidrelétrica.

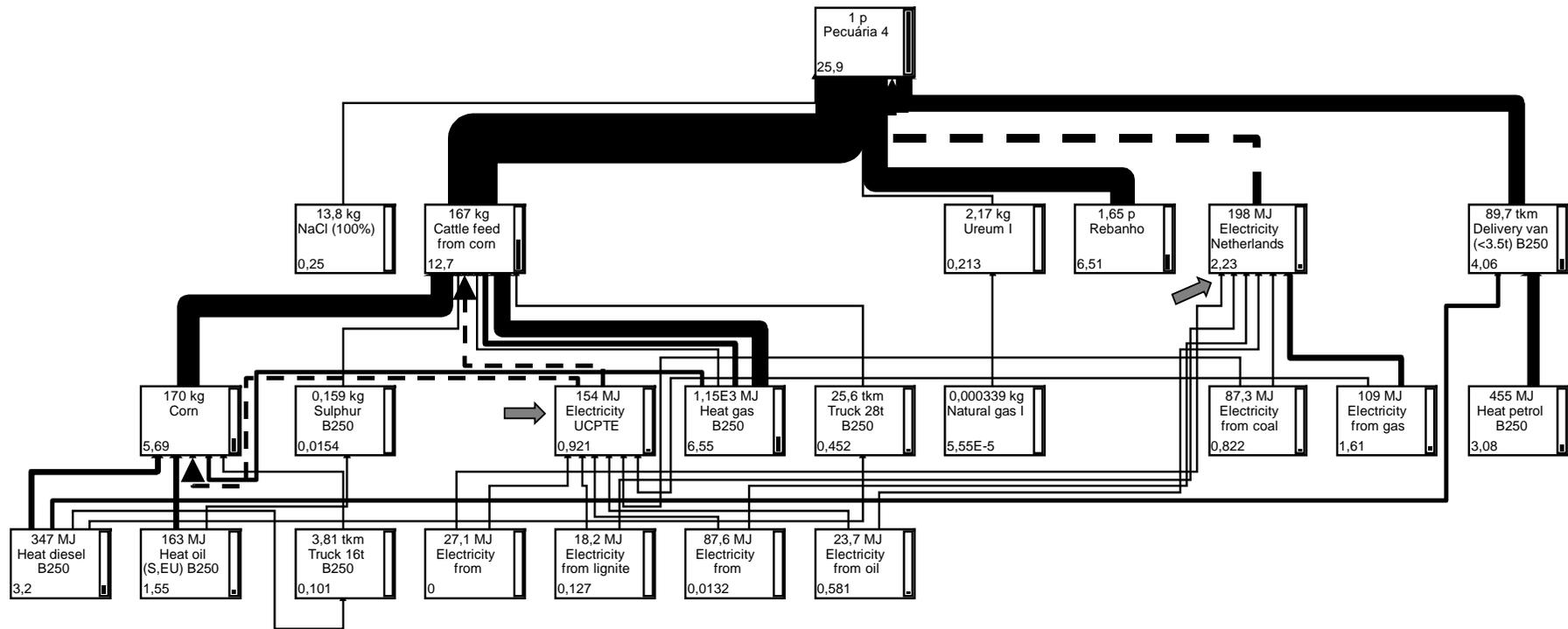


Figura 4.2 – Ciclo de vida pecuária do sistema de produção S04 no período out. 2002 a jun. 2003, utilizando matriz energética conforme bases do programa SIMAPRO. As setas cinzas indicam os processos que podem ser substituídos por energia de hidrelétricas. As linhas pontilhadas mostram os processos/materiais nos quais essas fontes apresentam contribuição. A espessura das linhas demonstra o grau de contribuição para o impacto ambiental total do ciclo de vida. O número na parte inferior esquerda de cada caixa indica o valor do Eco-indicador 99 dos respectivos materiais/processos.

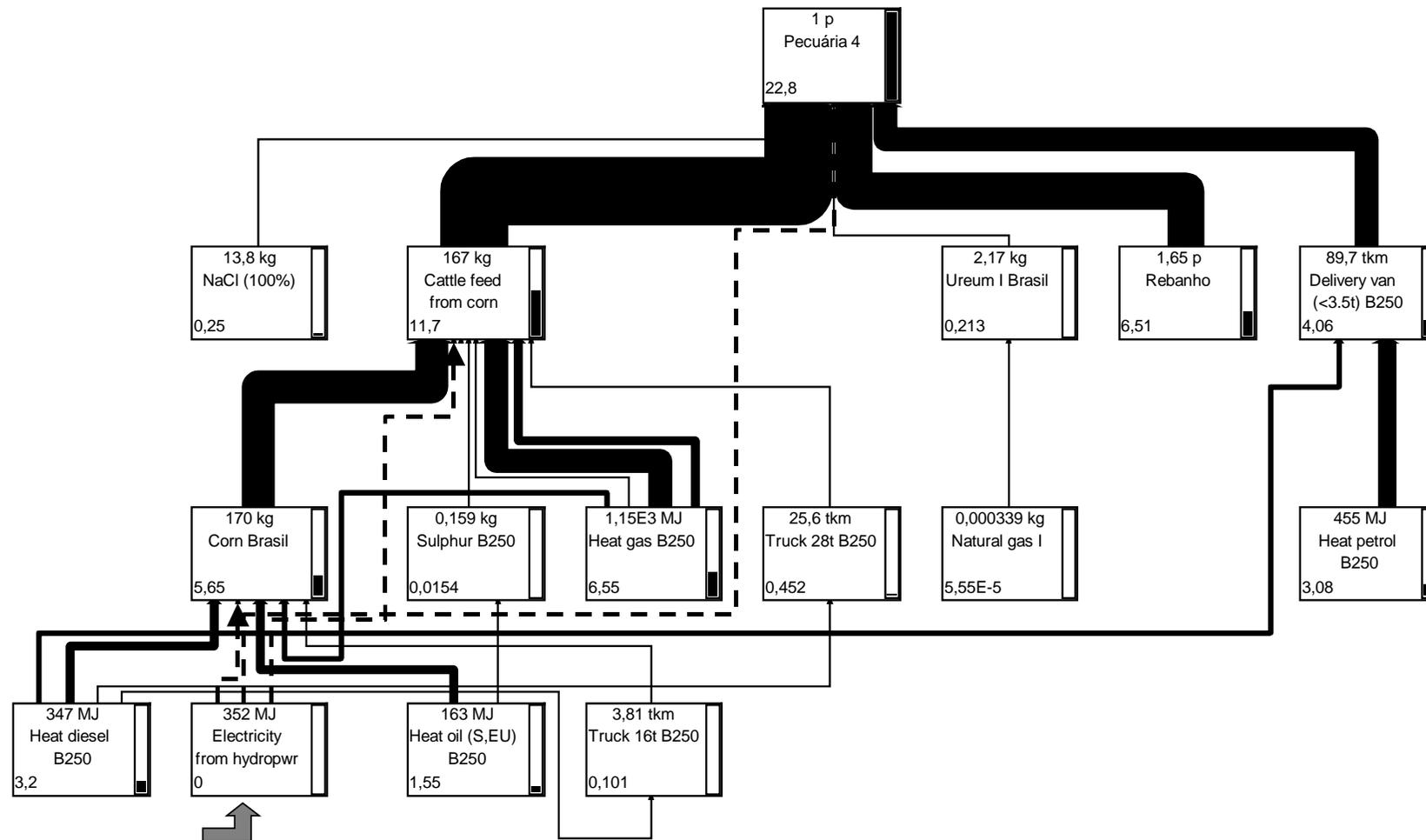


Figura 4.3 – Ciclo de vida pecuária do sistema de produção S04 no período out. 2002 a jun. 2003, utilizando energia de hidrelétricas (seta cinza). As linhas pontilhadas mostram os processos/materiais nos quais essa fonte apresenta contribuição. A espessura das linhas demonstra o grau de contribuição para o impacto ambiental total do ciclo de vida. O número na parte inferior esquerda de cada caixa indica o valor do Eco-indicador 99 dos respectivos materiais/processos.

Os resultados da análise com a alteração na matriz energética encontram-se na Tabela 4.19. Em virtude das bases de dados não relacionarem a energia hidrelétrica a nenhum impacto ambiental, houve redução mais acentuada dos valores do Eco-indicador 99 nos sistemas S03 e S04 que usaram energia elétrica na confecção de ração para o rebanho. As alterações não mudaram os resultados gerais, ou seja, os tipos mais intensivos continuaram causando maiores impactos ambientais. Contudo, o sistema S03, que foi considerado menos intensivo que S04, passou a gerar o maior impacto para a produção da Unidade Funcional. Além disso, o sistema S04 obteve o maior BP/IA, ou seja, foi o sistema com a maior eco-eficiência.

Tabela 4.19 – Resultados econômicos, impactos ambientais e sua relação em quatro sistemas de produção do assentamento Santa Clara Furadinho no período out. 2002 a jun. 2003, em duas situações de matriz energética.

	Situação original				Alteração da matriz energética			
	S01	S02	S03	S04	S01	S02	S03	S04
Impacto ambiental (Valor do Eco-indicador 99 por R\$1000,00 de Renda bruta)	14,5	18,2	27,8	28,0	14,4	18,0	26,2	24,8
Impacto ambiental total (Valor do Eco-indicador 99)	105,60	156,55	204,60	516,64	104,87	154,83	192,83	457,68
Benefício da produção (R\$)	1.683,27	2.138,90	2.483,70	7.500,37	1.683,27	2.138,90	2.483,70	7.500,37
Eco-eficiência (BP/IA)	15,94	13,66	12,14	14,52	16,05	13,81	12,88	16,39

Outro aspecto importante é que as bases de dados não consideram os efeitos do uso dos insumos nos sistemas de produção. Isto é, as emissões e, conseqüentemente, os impactos ambientais estão relacionados à produção dos insumos. Por um lado, isso favorece a análise feita, pois seu comportamento e impacto podem ser diferentes em função das condições agroecológicas. Por outro lado, é necessário incluir nessas bases os potenciais impactos ambientais causados pelo uso de tais insumos, sobretudo, no caso de fertilizantes.

Finalmente, os resultados aqui discutidos permitem dizer que a ACV mostrou-se uma ferramenta poderosa para auxiliar o monitoramento dos sistemas de produção, bem como para gerar informações que permitam melhorar sua performance ambiental.

## CONCLUSÕES

No estudo, evidenciou-se que sistemas de produção da agricultura familiar alcançam resultados econômicos e causam impactos ambientais diferenciados. Os tipos mais intensivos no uso de insumos alcançam maiores resultados econômicos e também causam maiores impactos ambientais.

Na agricultura, a maior parte dos impactos ambientais está relacionada ao uso de fertilizantes e mecanização. Sua utilização intensiva, sem considerar outros fatores que influenciam na produção (ervas daninhas, por exemplo), não assegura maiores produtividades, o que implica aumento dos impactos ambientais sem incremento dos resultados econômicos.

A pecuária possui participação significativa no impacto ambiental. No sistema mais intensivo, esse impacto deve-se ao uso de ração. Contudo, nos sistemas menos intensivos e com menor produtividade a maior fonte de impacto está relacionada às emissões de metano do rebanho.

Como os insumos e a mecanização são, ao mesmo tempo, importantes fontes de impacto ambiental e de gastos para a produção, sua utilização de maneira eficiente pode ter como consequência melhorias do resultado econômico sem resultar num aumento do impacto ambiental. Em outras palavras, aumentos de produtividade pelo melhor gerenciamento de fertilizantes e rações, assim como de outros aspectos da produção que estão sob o controle dos agricultores, podem trazer melhores resultados econômicos sem elevar os impactos ambientais. É importante esclarecer que se trata de utilizar melhor os recursos que os agricultores dispõem e não necessariamente aumentar o volume de insumos utilizados. Essa melhoria gerencial pode incrementar significativamente a eco-eficiência dos sistemas.

Do ponto de vista metodológico e de sua relação com a política de P&D da Embrapa, a rede de estabelecimentos de referência mostrou-se um potente instrumento de observação do processo de produção em escala real. Sua utilização permite conhecer os resultados das tecnologias empregadas pelos agricultores numa perspectiva sistêmica, analisando os resultados de cada componente do sistema e os resultados do conjunto.

A ACV, por sua vez, complementa e amplia esse processo de análise ao permitir a quantificação dos potenciais impactos ambientais de cada sistema, considerando o ciclo de vida. Acrescenta-se que o conceito de ciclo de vida é complementar à noção de cadeia produtiva preconizada no enfoque de P&D.

Nesse contexto, a escolha de uma Unidade Funcional para aplicação da metodologia de ACV tendo como base a renda bruta possibilita analisar diferentes sistemas, assim como incorporar a complexidade dos sistemas de produção da agricultura familiar e suas principais interações. Destaca-se que esse foi um importante avanço do estudo, no sentido de adequar o uso dessa metodologia no âmbito da agricultura familiar.

O uso articulado da rede de estabelecimentos de referência e da metodologia de ACV pode permitir uma contribuição significativa no processo de P&D, considerando, de maneira especial, três aspectos:

- a) O teste e validação de alternativas tecnológicas que permitam incrementar a eficiência de diferentes tipos de sistemas de produção, em diversas condições agroecológicas.
- b) A geração e desenvolvimento de tecnologias no âmbito do ciclo de vida com o objetivo de melhorar o desempenho ambiental dos insumos utilizados no processo de produção.
- c) A identificação de demandas de pesquisa nos diferentes tipos de sistemas de produção de agricultura familiar.

Essa associação forma um conjunto bastante robusto de ferramentas para análise do processo de produção da agricultura, que permite materializar as diretrizes estabelecidas nas políticas da Embrapa. Para isso, entretanto, é necessário aperfeiçoar a aplicação da ACV no âmbito da produção agrícola, particularmente na agricultura familiar. De maneira específica, sugere-se a implantação de projetos de P&D nos seguintes temas:

- a) Desenvolvimento metodológico da ACV, refletindo, de maneira especial, acerca da definição da Unidade Funcional e da forma de incorporar impactos ambientais relacionados a atividades como a venda de mão-de-obra. Esse último aspecto é fundamental para ampliar a análise, agregando outros tipos de sistemas de produção.

- b) Quantificação dos impactos ambientais relacionados ao uso de diferentes insumos nos sistemas de produção, sobretudo fertilizantes.
- c) Determinação da redução de impactos relacionada à fase de produção, como por exemplo, o seqüestro de carbono associado às culturas anuais e às pastagens.
- d) Quantificação de emissões e impactos de componentes importantes do ciclo de vida, tais como, as indústrias de insumos e equipamentos e a agroindústria na fase de beneficiamento dos produtos.
- e) Desenvolvimento de bases de dados agregando as informações geradas por esses projetos específicos, uma vez que a obtenção de dados qualificados é um dos pontos de estrangulamento da metodologia.

Finalmente, é importante esclarecer que este estudo representa apenas mais um passo no tratamento da questão da viabilização da agricultura familiar com vistas ao desenvolvimento sustentável. Sua contribuição necessita ser complementada por outros estudos, sobretudo, em virtude da importância da agricultura familiar, não só no Brasil, como também em diversos países do mundo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. Da ideologia do progresso à idéia do desenvolvimento (rural) sustentável. In: ALMEIDA, J.; NAVARRO, J. **Reconstruindo a agricultura: idéias e ideais na perspectiva de um desenvolvimento rural sustentável**. Porto Alegre-RS: Ed. Universidade - UFRGS, 1998. p. 33-55

AZAPAGIC, A.; CLIF, R. Life cycle assessment and linear programming: environmental optimisation of products system. **Computers and Chemical Engineering.**, Oxford, England, v. 19, Suppl. p.s229-s234, 1995.

\_\_\_\_\_. The application of life cycle assessment to process optimisation. **Computers and Chemical Engineering.**, Oxford, England, v. 23, p.1509-1526, 1999.

BERLIN, J. Environmental life cycle assessment (LCA) of Swedish semi-hard cheese. **International Dairy Journal**, Oxford, England, v. 12, p. 939-953, 2002.

BONNAL, P.; ANDRADE, H.V.; XAVIER, J.H.V.; SOUZA, J.B. de. **Tipologia de produtores: Instrumento de apoio à extensão rural**. Goiânia-GO. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMATER - GO, 1996. 35 p. (EMATER - GO. Documento Técnico 001).

BONNAL, P.; CASTILLO, J.; DOLLE, V. Una rede de fincas de referência como instrumento de observación y gestion en el medio rural. El proyecto Aroa – Bajo Tocuyo. **Revista Investigación/Desarrollo para América Latina**. Barquisimeto, Venezuela, n.1, p. 40-58, 1992.

BONNAL, P.; XAVIER, J.H.V.; SANTOS, N.A. dos; SOUZA, G.L.C. de; ZOBY, J.L.F.; GASTAL, M.L.; PEREIRA, E.A.; PANIAGO JÚNIOR, E.; SOUZA, J.B. de. **O papel da rede de fazendas de referência no enfoque de pesquisa - desenvolvimento: Projeto Silvânia**. Planaltina-DF: EMBRAPA - CPAC, 1994a. 31 p. (EMBRAPA - CPAC. Documentos, 56).

BONNAL, P.; ZOBY, J.L.F.; SANTOS, N.A. dos; GASTAL, M.L.; XAVIER, J.H.V.; SOUZA, G.L.C. de; PEREIRA, E.A.; PANIAGO JÚNIOR, E.; SOUZA, J.B. de. **Modernização da agricultura camponesa e estratégia dos produtores: Projeto Silvânia Estado de Goiás, Brasil**. Planaltina-DF: EMBRAPA - CPAC, 1994b. 24 p. (EMBRAPA - CPAC. Documentos, 55).

CALDEIRA-PIRES, A.; RABELO, R.R; XAVIER, J.H.V. Uso potencial da análise do ciclo de vida (ACV) associada aos conceitos da produção orgânica aplicados à agricultura familiar. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília; v.19, n.2, p.149-178, 2002.

CAMARGO, M.N.; KLANT, E.; KAUFFMAN, J.H. Sistema brasileiro de classificação de solos. Separata de: **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 12, n.1, p. 11-13, 1987.

CAMPOS, F.A.A.; LOBATO, E.; GOEDERT, W.J.; CASTRO, A.M.G. de; VIEIRA, J.V. Pesquisa orientada para o mercado: o enfoque de P&D. In: GOEDERT, W.J.; PAEZ, M.L.D.;

CASTRO, A.M.G. de (Ed.). **Gestão em ciência e tecnologia: pesquisa agropecuária**. Brasília-DF: Embrapa-SPI, 1994, p. 105-121.

CEDERBERG, C. MATTSSON, B. Life cycle assessment of milk production: a comparison of conventional and organic farming. **Journal of Cleaner Production**, Great Britain, v. 8, p. 49-60, 2000.

CHAYANOV, A.V. **The theory of peasant economy**. Illinois: American Economic Association, 1966, 317 p.

DE BOER, I.J.M. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. **Livestock Production Science**, Amsterdam, Netherlands, v. 80, p. 69-77, 2003.

DOLLÉ, V. A pesquisa em agricultura familiar: desafios e avanços científicos. In: I SEMINÁRIO NACIONAL DO PROGRAMA DE PESQUISA EM AGRICULTURA FAMILIAR DA EMBRAPA. **Anais ...**Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1995, p. 28-40.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do milho**. 2ª edição. Brasília-DF: Embrapa-SPI, 1997. 204 p.

EMBRAPA CERRADOS. **II Plano Diretor: Embrapa Cerrados 2000/2003**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2000. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 15).

EMBRAPA Presidência. **Política de P&D**. Brasília-DF: Embrapa Comunicação para Transferência de tecnologia, 1999a. 39p.

EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília-DF: Embrapa Produção de Informação, 1999b. 412 p.

EMBRAPA Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento. **O enfoque de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e sua implementação na Embrapa**. Brasília-DF: Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, 1993. 29 p.

EMBRAPA Secretaria de Administração Estratégica. **II Plano diretor da Embrapa 1994-1998**. Brasília-DF: Embrapa – SPI, 1994. 51 p.

\_\_\_\_\_. **III Plano diretor da Embrapa: realinhamento estratégico 1999 – 2003**. Brasília-DF: Embrapa – SPI, 1998. 36 p.

FLORES, M.X. **A pesquisa agropecuária no Brasil**. Brasília-DF: EMBRAPA-SEA. 1991. 23 p. (EMBRAPA-SEA. Documento, 6).

FLORES, M.X.; SILVA, J. de S. **Projeto EMBRAPA II: do projeto de pesquisa ao desenvolvimento socioeconômico no contexto do mercado**. Brasília-DF: EMBRAPA-SEA. 1992, 55 p. (EMBRAPA-SEA. Documento, 8).

FOLLE, S.M.; BRANDINI, A. Uso de máquinas e implementos agrícolas no preparo de solos de Cerrado. In: VII SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO: ESTRATÉGIAS DE UTILIZAÇÃO. **Anais ...** Planaltina-DF: EMBRAPA-CPAC, 1995. p. 98-114.

GASTAL, E. **Enfoque de sistemas na programação de pesquisa agropecuária.** Brasília-DF: IICA, 1980. 207 p.

GASTAL, M.L.; ZOBY, J.L.F.; PANIAGO JÚNIOR, E.; MARZIN, J.; XAVIER, J.H.V.; SOUZA, G.L.C. de; PEREIRA, E.A.; KALMS, J.M.; BONNAL, P. **Proposta metodológica de transferência de tecnologia para promover o desenvolvimento.** Planaltina-DF: EMBRAPA – CPAC, 1997. 34p.(EMBRAPA – CPAC. Documentos, 51).

GOEDKOOP, M.; SPRIENSMA, R. **The eco-indicator 99: a damage oriented method for life cycle impact assessment - Methodology Report.** Netherlands: Pré Consultants, 2001. 132 p. Disponível em: <<http://www.pre.nl>>. Acesso em: 04 Ago. 2003.

GÓIS, S.L.L de. **O papel da multifuncionalidade da agricultura familiar na geração de emprego e renda: um estudo de caso na Amazônia. 2002.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, UnB, Brasília-DF. 175 p.

GUANZIROLI, C.; BITTENCOURT, G. A.; CASTILHOS, D.S.B de; BIANCHINI, V.; SILVA, H.B.C. da. **Principais fatores que afetam o desenvolvimento dos assentamentos de reforma agrária do Brasil.** Brasília-DF: INCRA/FAO, 1998. 63 p.

HAAS, G.; WETTERICH, F.; KÖPKE, U. Comparing organic, intensive and extensive grassland farming in southern Germany by process Life Cycle Assessment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Oxford, England, v. 83, p. 43-53, 2001.

HAMDAN, V. Analisis microeconômico de explotaciones familiares: un aporte metodológico. In: SEMINÁRIO INTA – INRA. **Anais ...**, Mar del Plata, 1994, p. 103-118.

HOFFMANN, R.; ENGLER, J.J. de C.; SERRANO, O.; THAME, A.C. de; NEVES, E.M. **Administração da empresa agrícola.** 2ª edição revisada. São Paulo-SP: Pioneira. 1978. 325 p.

IBGE-Censo Agropecuário 1995-1996. SIDRA–Sistema IBGE de Recuperação Automática: Banco de Dados Agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/>>. Acesso em: 02 Jul. 2003.

IBGE-PESQUISA PECUÁRIA MUNICIPAL. SIDRA–Sistema IBGE de Recuperação Automática: Banco de Dados Agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/>>. Acesso em: 02 Jul. 2003.

IBGE-PRODUÇÃO AGRÍCOLA MUNICIPAL. SIDRA–Sistema IBGE de Recuperação Automática: Banco de Dados Agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/>>. Acesso em: 02 Jul. 2003.

INCRA/FAO. **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto.** Brasília-DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, 2000. 74p.

JOUBE, P.; MERCOIRET, M.R. La Investigación/Desarrollo: una alternativa para poner las investigaciones sobre los sistemas de producción al servicio del desarrollo rural. **Revista**

**Investigacion/Desarrollo para América Latina.** Barquisimeto, Venezuela, n.1, p. 01-08, 1992.

KATAJAJUURI, J-M., LOIKKANEN, T. Enhancing competitiveness through green innovation: finish food industry committed to environmental data production – LCA pilot case for barley. **In:** 9<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE GREENING OF INDUSTRY NETWORK - SUSTAINABILITY AT THE MILLENIUM: GLOBALIZATION, COMPETITIVENESS, AND THE PUBLIC TRUST, Bangkok, Thailand, 21-25 January, 2001, 9 p.

KOTLER, P. **Administração de marketing: análise, planejamento e controle.** São Paulo-SP: Atlas,. 3 v., 7<sup>a</sup> Ed., 1986, 1156 p.

KRAMER, K.J.; MOLL, H.C.; NONHEBEL, S. Total greenhouse gas emissions related to the Dutch crop production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Oxford, England, v. 72, p. 09-16, 1999.

LAMARCHE, H. (Coord.). **A agricultura familiar: comparação internacional.** São Paulo-SP: Editora da UNICAMP, 1993, 336 p.

LIMA, M.A.; PESSOA, M.C.P.Y.; LIGO, M.A.V. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de metano da pecuária.** Brasília-DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002a, 78 p. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima>>. Acesso em: 02 jul. 2003.

\_\_\_\_\_. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de metano do cultivo de arroz.** Brasília-DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002b, 58 p. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima>>. Acesso em: 02 jul. 2003.

LIMA, M.A.; LIGO, M.A.V; CABRAL, O.M.R.; BOEIRA, R.C.; NEVES, M.C.; PESSOA, M.C.P.Y. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de gases de efeito estufa na queima de resíduos agrícolas.** Brasília-DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002, 108 p. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima>>. Acesso em: 02 jul. 2003.

LOVISOLO, H.R. **Terra, trabalho e capital: produção familiar e acumulação.** Campinas-SP: Editora da UNICAMP, 1989. 231 p.

MAPA de solos do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Brasília: IBGE, 2001. 1 mapa, color., Escala 1: 5.000.000. 1 CD ROM.

MARGNI, M.; ROSSIER, D.; CRETZAZ, P.; JOLLIET, O. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, Oxford, England, v. 93, p. 379-392, 2002.

MATTSSON, B.; CEDERBERG, C.; BLIX, L. Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): case studies of three vegetable oil crops. **Journal of Cleaner Production**, Great Britain, v. 8, p. 283-292, 2000.

MILLEVILLE, P. Investigación sobre las practicas de los agricultores. **Revista Investigación Desarrollo para América Latina**. Barquisimento, Venezuela, n.1, p. 09-15, 1992.

NAIME, U.J.; MOTTA, P.E.F. da; BARUQUI, A.M.; BARUQUI, F.M.; ANTUNES, F.Z.; BRNADÃO, M. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da região geoeconômica de Brasília – Minas Gerais**. Belo Horizonte-MG: EPAMIG; [Brasília-DF]: Embrapa, 1998. v.1. 140 p.

OLSSON P. (Ed.). **LCAnet Food: final document**. Göteborg: LCAnet Food, 1999. 25 p. Disponível em: <<http://www.lca-net.com/>>. Acesso em 10/08/2002.

PEDROSO, M.T.M. **Agricultura familiar sustentável: conceitos, experiências e lições**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, UnB, Brasília-DF. 110 p.

PIRES, M.O. A trajetória do conceito de desenvolvimento sustentável na transição de paradigmas. In: DUARTE, L.M.G.; BRAGA, M.L. de S. **Tristes cerrados – sociedade e biodiversidade**. Brasília-DF: Paralelo 15, 1998. p. 65-92.

PRÉ CONSULTANTS SimaPro: version 5.0, [S.I.]: Product Ecology Consultants, 2001b. Conjunto de programas. 1 CD-ROM.

\_\_\_\_\_. **User manual: introduction into LCA methodology and practice with SimaPro 5**. Netherlands: Pré Consultants, 2001a. 48 p.

\_\_\_\_\_. **Database manual: the BUWAL 250 library**. Netherlands: Pré Consultants, 2003. 37 p.

PRONAF. **PRONAF Perguntas e Respostas**. Brasília-DF, 2000. Disponível em <<http://gipaf.cnptia.embrapa.br/itens/publ/index.html>>. Acesso em: 10 jan. 2002.

RADULOVICH, R; KARREMANS, J.A.J. **Validación de tecnologías en sistemas agrícolas**. Turrialba: CATIE, 1993. 103 p. (Série técnica. Informe técnico / CATIE; n.212).

RODRIGUES,G.S.; CAMPANHOLA,C.; KITAMURA,P.C. Avaliação de impacto ambiental da inovação tecnológica agropecuária: um sistema de avaliação para o contexto institucional de P&D. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**. Brasília-DF; v.19, n.3, p.349-375, set/dez.2002.

ROSA, L.P.; SCHECHTMAN, R.; SZKLO, A.S.; SALA, J.F. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de gases de efeito estufa por queima de combustíveis**. Brasília-DF: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002, 110 p. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/clima>>. Acesso em: 02 jul. 2003.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro-RJ: Garamond, 2000. 95 p.

SEBRAE MINAS. **Diagnóstico do município de Unaí**. Belo Horizonte-MG: SEBRAE MINAS, 1999. 172 p.

SILVA, G. L. da. **Viabilidade socioeconômica da reforma agrária: estudo de caso sobre o P. A. Renascer**. 2001. Monografia - Curso de Especialização e Extensão em Educação do Campo e desenvolvimento Sustentável dos Assentamentos de Reforma Agrária. UnB (GTRA) / Embrapa Cerrados / INCRA / IICA. 88 p.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2002, 416 p.

THORNER, D. Chayanov's concept of peasant economy. In: CHAYANOV, A.V. **The theory of peasant economy**. Illinois: American Economic Association, 1966, p. xi-xxiii

VERFAILLIE, H.A.; BIDWELL, R. **Measuring eco-efficiency: a guide to reporting company performance**. London: World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), 2000, 37 p.

WANDERLEY, M. de N.B. Raízes históricas do campesinato brasileiro. In: TEDESCO, J.C. (Org.). **Agricultura familiar: realidades e perspectivas**. 2ª ed. Passo Fundo-RS: EDIUPF, 1999. Cap. 1, p.21-55.

WBCSD. **Eco-efficiency and cleaner production: charting the course to sustainability**. United Nations Environment Programme (UNEP), 1996. 18 p.

WEIDEMA, B.P. **Environmental assessments of products: a textbook on Life Cycle Assessment**. Helsinki: The Finnish Association of Graduate Engineers TEK, 1997. 93 p.

\_\_\_\_\_. **Data, databases and software for LCAs on food: theme report for the LCA-NET-Food**. Göteborg: LCAnet Food, 1999. 23 p. Disponível em: <<http://www.lca-net.com>>. Acesso em: 10 Ago. 2002.

WEIDEMA, B.P.; MEEUSEN, M.J.G. (Ed.). **Agricultural data for Life Cycle Assessment**. Haugue: Agricultural Economics Research Institute (LEI), Vol. 1, 2000. 208 p.

ZOBY, J.L.F.; ROCHA, F.E. de C.; XAVIER, J.H.V.; GASTAL, M.L. **Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 64 p. (Embrapa. Programa 09 – Agricultura Familiar. Subprojetos 09.2002.015-01, 09.2002.015-02, 09.2002.015-03). Convênio CNPq 521041/001-5. Projeto em andamento.

\_\_\_\_\_. **Adaptação e utilização de dispositivo metodológico participativo para apoiar o desenvolvimento sustentável de assentamentos de reforma agrária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 176 p. (Embrapa. Programa 09 – Agricultura Familiar. Subprojetos 09.2002.015-01, 09.2002.015-02, 09.2002.015-03). Convênio CNPq 521041/001-5. Relatório do Projeto 09.2002.015 e Subprojetos componentes.