



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**Impactos Ambientais do Leite Produzido no Território de
Identidade Médio Sudoeste da Bahia**

Laurine Santos de Carvalho

Itapetinga
Bahia
Fevereiro – 2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Impactos Ambientais do Leite Produzido no Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia

Autora: Laurine Santos de Carvalho
Orientador: Luciano Brito Rodrigues, Dr.
Coorientador: Lucas Teixeira Costa, Dr.

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Área de concentração: Tecnologias para Soluções de Problemas Socioambientais”

Itapetinga
Bahia
Fevereiro – 2016

637

Carvalho, Laurine Santos de.

C325i

Impactos ambientais do leite produzido no território de identidade Médio Sudoeste da Bahia. / Laurine Santos de Carvalho. – Itapetinga-BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2016.
100 fl.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga, BA. Área de Concentração: Tecnologias para Soluções de Problemas Socioambientais. Sob a orientação do Prof. D. Sc. Luciano Brito Rodrigues e co-orientador Prof. D. Sc. Lucas Teixeira Costa.

1. Leite – Produção – Impactos ambientais – Usos da terra. 2. Produção de leite – Ciclo de Vida – Médio Sudoeste da Bahia. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. II. Rodrigues, Luciano Brito. III. Costa, Lucas Teixeira. IV. Título.

CDD(21): 637

Catálogo na fonte:

Cláudia Aparecida de Souza – CRB/5-1014
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Leite : Produção
2. Impactos ambientais : Produção de leite : Médio Sudoeste da Bahia
3. Produção de leite : Ciclo de Vida
4. Sustentabilidade ambiental : Usos da terra agrícola

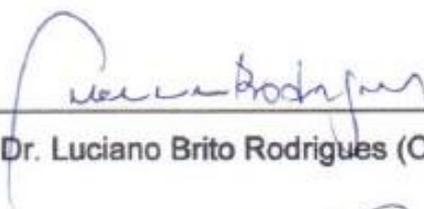
LAURINE SANTOS DE CARVALHO

"Impactos Ambientais do leite produzido no Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia"

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus de Itapetinga*, BA. Área de Concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Aprovada em: 29/02/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues (Orientador/UESB)



Prof^a. Dr^a. Sabine Robra (UESB)



Prof. Dr. Fabiano Ferreira da Silva (UESB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Pai, criador de todo universo, por mais essa oportunidade em minha vida;
Aos meus pais, Gerson e Eliene, alicerce em minha vida, minha eterna gratidão pelo amor, carinho e valores que me foram passados;

À minha irmã Noline, por sempre me fazer visualizar as resoluções nos momentos de dificuldade, sempre descontraída, do jeito que só ela sabe ser, amo você, Nôla;

Ao meu namorado, Rogério, com quem sei que posso contar nos bons e maus momentos. Obrigada pelo amor, carinho e incentivo, foram essenciais;

Ao professor Luciano Brito Rodrigues, pela orientação, por todo auxílio na realização deste trabalho e pela oportunidade de crescimento e convívio com todos que fazem ou já fizeram parte do Grupo de Estudos em Materiais e Meio Ambiente (GEM₂A – UESB);

Ao meu coorientador, Lucas Teixeira Costa, por toda colaboração e contribuição na execução do projeto;

À todos os trabalhadores da fazenda em que o projeto se realizou por sempre estarem dispostos à me auxiliar;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, ao programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, aos professores e funcionários e do PPGCA.

À todos os meus familiares e amigos, que mesmo não sendo citados, contribuíram de alguma forma na concretização desse projeto.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	viii
RESUMO	x
.....	xi
ABSTRACT	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Aspectos e Impactos ambientais da Agropecuária.....	3
2 OBJETIVOS.....	7
2.1 Objetivo Geral.....	7
2.2 Objetivos Específicos	7
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
3.1 Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia	8
3.2 Avaliação do Ciclo de Vida: Conceitos principais	10
i) Definição do objetivo.....	12
ii) Definição do escopo:	12
iii) Análise de inventário:.....	12
Alocação.....	12
Análise de Sensibilidade	14
iv) Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida	14
v) Interpretação dos Resultados	17
3.3 Avaliação do Ciclo de Vida no contexto da produção de leite	18
4 METODOLOGIA.....	30
4.1 Objetivo e escopo.....	32
4.2 Alocação	34

4.2.1 Alocação Econômica.....	34
4.2.2 Alocação Física	36
4.3 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida	37
4.4 Fatores de emissão	38
4.4.1 Fermentação Entérica.....	38
4.4.2 Manejo de Esterco	41
4.4.3 Emissões diretas de Óxido Nitroso (N ₂ O).....	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 Caracterização da propriedade	45
5.2 Caracterização do rebanho	46
5.3 Caracterização da ordenha	46
5.4 Geração de resíduos sólidos.....	50
5.5 Emissões	50
5.5.1 Fermentação Entérica.....	50
5.5.2 Manejo do esterco	52
5.5.3 Emissões nitrogenadas	53
5.6 Alocação	53
5.6.1 Alocação Econômica.....	53
5.6.2 Alocação Física	53
5.7 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida	54
5.7.1 Mudanças Climáticas	54
5.7.2 Acidificação Terrestre	56
5.7.3 Eutrofização de água doce.....	57
5.7.4 Ocupação de Terra Agrícola	59
5.7.5 Depleção Fóssil	60
5.8 Análise de Sensibilidade	61
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
APÊNDICE A: Quantificação dos insumos para elaboração do inventário.....	76
APÊNDICE B: Insumos conforme lançados no SimaPro®	84

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01: Aquisição anual de leite no Brasil entre 2000 e 2014.....	1
Figura 02: Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia.	8
Figura 03: Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida.....	12
Figura 04: Elementos da fase de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida.	15
Figura 05: Contribuições globais para as emissões diretas de GEE pela agricultura.....	27
Figura 06: Sistema de produto.....	33
Figura 07: Disposição dos animais na sala de ordenha.	47
Figura 08: Vacas com maior produtividade recebendo complementação alimentar com concentrado.....	47
Figura 09: Principais contribuições das unidades de processo consideradas na produção de leite para a categoria de impacto Mudanças Climáticas. ReCiPe MidPoint (H) – Caracterização.	55
Figura 10: Principais contribuições das unidades de processo consideradas na produção de leite para a categoria de impacto Acidificação Terrestre. ReCiPe MidPoint (H) – Caracterização.	56
Figura 11: Principais contribuições das unidades de processo consideradas na produção de leite para a categoria de impacto Eutrofização de Água Doce. ReCiPe MidPoint (H) - Caracterização	58
Figura 12: Principais contribuições das unidades de processo consideradas na produção de leite para a categoria de impacto Depleção Fóssil. ReCiPe MidPoint (H) – Caracterização. ..	60
Figura 13: Distribuição dos impactos ambientais da produção de leite considerando o uso da Alocação Física, Alocação Econômica e a não realização de Alocação.	62

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 01: Quantidade de leite cru adquirido, variação anual, segundo os trimestres, os meses e o acumulado do ano no Brasil entre 2014 e 2015	2
Tabela 02 Dados do rebanho leiteiro nacional	41
Tabela 03: Divisão da pastagem na propriedade estudada	45
Tabela 04: Insumos necessários à ordenha.....	49
Tabela 05: Resíduos gerados na produção de leite.....	50
Tabela 06: Fatores de emissão do metano – Fermentação Entérica	51
Tabela 07: Fatores de emissão do metano – Manejo do esterco	52
Tabela 08: Alocação Física para as emissões atmosféricas.....	54
Tabela 09: Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida.....	54
Tabela 10: Análise de sensibilidade para o uso da Alocação Física, Econômica e não realização de Alocação	61

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 01: Exemplos de métodos de avaliação de impacto ambiental.....	19
Quadro 02: Tipos de Solo nos municípios do Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia.....	22
Quadro 03: Exemplos de categorias de impacto ambiental que podem ser consideradas na Avaliação do Ciclo de Vida da produção leiteira.....	28
Quadro 04: Artigos sobre ACV e a produção de leite.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EB	Energia Bruta
ECM	leite corrigido pela energia
FE	Fermentação Entérica
Fe _{FE}	Fator de Emissão para a Fermentação Entérica
Fe _{ME}	Fator de Emissão para o Manejo do Esterco
FPMC	Leite Corrigido pelo Teor de Proteína e Gordura
GAA	Gestão Ambiental na Agricultura
GCV	Gestão do Ciclo de Vida
GEE	Gases de Efeito Estufa
IAE	Indicadores Agro Ecológicos
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
ISO	International Organization for Standardization
NEa	energia necessária para a atividade
NEc	energia necessária para o crescimento
NEg	energia necessária para a gestação
NEl	energia necessária para a lactação
NEm	energia necessária para a manutenção
NEt	energia necessária para o trabalho
PC	Pegada de Carbono
PE	Pegada Ecológica
PIB	Produto Interno Bruto
PmaisL	Produção mais Limpa

SEI	Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia
SMA	Sistemas Multi-Agentes
UF	Unidade Funcional
VBP	Valor Bruto de Produção

RESUMO

CARVALHO, L.S. **Impactos Ambientais do leite produzido no Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia**. Itapetinga – BA: UESB, 2016. 100 p. (Dissertação – Mestrado em Ciências Ambientais – Área de Concentração em Tecnologias para Soluções de Problemas Socioambientais)*

A produção de leite bovino é uma atividade econômica presente em todas as regiões brasileiras, com importância expressiva no produto interno bruto do país, além disso, é também responsável por importantes impactos ambientais. Dessa forma, o presente trabalho foi realizado com o intuito de Avaliar o Impacto do Ciclo de Vida do leite produzido no Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia. Para tanto, o Inventário do Ciclo de Vida da produção na fazenda estudada foi elaborado e cinco categorias de impacto foram selecionadas para a avaliação, a saber: Mudanças Climáticas, Acidificação Terrestre; Eutrofização de Água Doce; Uso da Terra Agrícola e Depleção fóssil. A unidade funcional adotada foi quilograma de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína (kgFPCM) e o método selecionado para a avaliação de impacto foi o ReCiPe, Midpoint. Dentre os resultados da avaliação de impacto para as categorias selecionadas, citam-se, considerando a produção de um kg FPCM, 0,52 kgCO₂eq para Mudanças Climáticas, 6,8 gSO₄eq para Acidificação Terrestre, 1,74 gPO₄eq para Eutrofização de Água Doce, 1,17 m²ano para Uso da Terra Agrícola e 0,0108 kgoileq para a Depleção Fóssil. Destacam-se como principais agentes causadores de impactos ambientais na propriedade estudada a produção de alimentos para o gado, tais como concentrados, sal mineral e aditivos, bem como as práticas de fertilização nitrogenada e fosfatada nas pastagens da fazenda. Algumas medidas passíveis de serem adotadas na propriedade avaliada no intuito de reduzir os impactos da atividade seriam, por exemplo, a melhoria da dieta fornecida aos animais, o uso de besouros de estrume, para a decomposição do material, minimizando a emissão de poluentes e a integração da lavoura com a pastagem, visando um melhor uso da terra.

Palavras-Chave: Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida; Avaliação do Ciclo de Vida; Cradle to Gate; ReCiPe; Produção de leite cru.

* Orientador: Luciano Brito Rodrigues, Dr., UESB; Co-orientador: Lucas Teixeira Costa, Dr.

ABSTRACT

CARVALHO, L.S. **Environmental impacts of the milk produced in the Identity Territory Middle West of Bahia.** Itapetinga - BA: UESB, 2016. 100 p. (Dissertation - Master in Environmental Sciences – Area: Technology for Social and Environmental Problem Solving)*

The milk production is an economic activity present in all regions of Brazil, with a significant importance to gross national product, in addition, it is also responsible for significant environmental impacts. The present study was developed in order to perform a Life Cycle Impact Assessment of milk produced in middle southwest identity territory in Bahia state Brazil. The life cycle inventory of the production in the studied farm was developed and five categories of impact were selected for evaluation: Climate Changes, Terrestrial Acidification, Freshwater Eutrophication, Agricultural Land Occupation and Fossil Depletion. The kilogram of fat and protein corrected milk (kgFPCM) was adopted like functional unit and the ReCiPe, Midpoint was method selected for the evaluation of impact. Among the results of the impact assessment for selected category, considering the production of one kilogram FPCM was 0.52 kgCO₂eq for Climate Changes, 6.8 gSO₄eq for Terrestrial Acidification, 1.74 gPO₄eq to Freshwater Eutrophication, 1.17 m²year of Agricultural Land Occupation and 0.0108 kgoileq for Fossil Depletion,. Stands out as main agents of environmental impacts on the property studied food production for livestock, such as concentrates and supplements as well as the practices of nitrogen and phosphorus fertilization in farm pastures. Some measures that can be taken on the property evaluated in order to reduce the activity of the impact would be, for example, the use of manure Beetles, for the decomposition of the material, minimizing the emission of pollutants and the integration of crop and grazing, aiming a better use of land.

Keywords: Life Cycle Impact Assessment; Life Cycle Assessment; Cradle to Gate; ReCiPe; Production of raw milk.

*Advisor: Luciano Brito Rodrigues, Dr. UESB; Co-advisor: Lucas Teixeira Costa, Dr.

1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo o leite e seus derivados se tornaram parte da alimentação humana. Com o passar dos anos, foram aperfeiçoadas as técnicas de produção, tornando-o um dos produtos mais importantes em diversas economias mundiais. Os Estados Unidos detêm segundo dados da Divisão de Estatísticas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAOSTAT), aproximadamente 14,6% da produção mundial de leite, ocupando o primeiro lugar no ranking de países produtores de leite no mundo, seguido por Índia, China, Rússia e Brasil, com, respectivamente, 8,4; 6,0; 5,3 e 5,3% da produção (FAO, 2012).

No Brasil, observando-se a série histórica da aquisição nacional de leite entre os anos 2000 e 2014 (Figura 01) percebe-se que a produção mais que dobrou nos últimos quinze anos, mantendo-se continuamente crescente. A maior variação anual (%) da produção ocorreu entre os anos de 2004 e 2005 (IBGE, 2015).

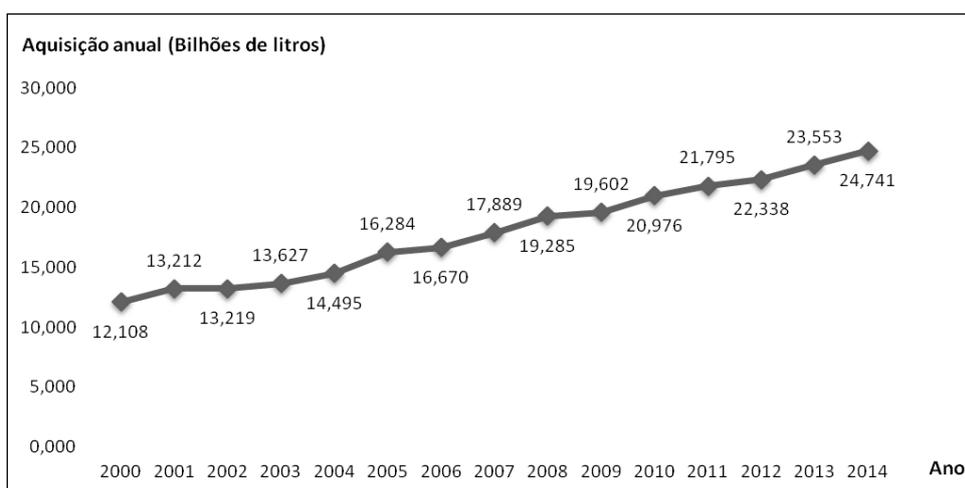


Figura 01: Aquisição anual de leite no Brasil entre 2000 e 2014.
Fonte: IBGE (2015)

Na agropecuária brasileira, a pecuária leiteira possui importância expressiva para o Produto Interno Bruto (PIB), onde em 2013, segundo dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA, da Universidade de São Paulo (2013), para a atividade

leiteira, o faturamento aumentou expressivamente, com 16,86% em relação a 2012. Essa expansão resultou das maiores cotações (10,6%) e produção (5,66%). De acordo com pesquisadores do CEPEA, a demanda aquecida impulsionou as cotações. Já em novembro e dezembro de 2013, houve certa redução do preço ao produtor, com o aumento da captação e o enfraquecimento da demanda interna. Ainda com relação à produtividade nacional, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012), a produção da atividade leiteira teve variação positiva de 9,9% tendo a produtividade de leite um aumento de 1.382 litros/vaca/ano em 2011 para 1.417 litros/vaca/ano em 2012 num ganho de 2,5% (IBGE, 2012).

No 3º trimestre de 2015, a aquisição de leite cru refrigerado feita pelos estabelecimentos que atuam sob algum tipo de inspeção - seja ela Federal, Estadual ou Municipal - foi de 5,98 bilhões de litros. Este número indica queda de 3,9% sobre a quantidade captada no 3º trimestre de 2014 e aumento de 6,0% sobre o registrado no 2º trimestre de 2015. Segundo pesquisadores do CEPEA, o movimento sazonal de enfraquecimento dos preços do leite ao produtor foi característico do ano de 2015, mas algumas atenuantes limitaram as quedas. Uma delas são as chuvas, excessivas no Sul e escassas no Nordeste. Nos estados do Sul, as chuvas se intensificaram a ponto de reduzir a produção de leite em muitas regiões, além de dificultarem a captação do produto. Já na Bahia, foi a falta de precipitações que diminuiu a produção (CEPEA, 2015).

A Tabela 01 apresenta um comparativo dos dados referentes à quantidade de leite cru adquirido e a variação anual, segundo os trimestres, os meses e o acumulado do ano no Brasil nos anos de 2014 e 2015 (IBGE, 2015).

Tabela 01: Quantidade de leite cru adquirido, variação anual, segundo os trimestres, os meses e o acumulado do ano no Brasil entre 2014 e 2015

Meses	Quantidade de leite cru adquirido (mil litros)		
	2014	2015	Variação (%)
Total do ano	18.213.669	17.763.056	-2,5
Total do 1º Trimestre	6.188.957	6.134.671	-0,9
Janeiro	2.229.486	2.207.463	-1,0
Fevereiro	1.924.800	1.899.478	-1,2
Março	2.037.671	2.027.731	-0,5
Total do 2º Trimestre	5.797.180	5.644.769	-2,6
Abril	1.910.800	1.850.850	-3,1
Maio	1.947.768	1.885.933	-3,2
Junho	1.938.611	1.907.986	-1,6
Total do 3º Trimestre	6.227.237	5.983.616	-3,9
Julho	2.017.693	1.982.431	-1,7
Agosto	2.124.384	2.015.589	-5,1

Setembro	2.085.161	1.985.595	-4,8
Total do 4º Trimestre	6.527.520		
Outubro	2.115.945		
Novembro	2.149.150		
Dezembro	2.262.424		

Fonte: IBGE (2015)

No tocante ao *ranking* nacional, dentre os 27 estados produtores de leite, a Bahia ocupa a sétima posição, com um Valor Bruto da Produção (VBP) de 3,69%, sendo, entre os estados das regiões Nordeste e Norte, o que ocupa a melhor posição (IBGE, 2012). Segundo Patês et al. (2012), a atividade leiteira pode ser destacada pelo desenvolvimento econômico e social que promove nas propriedades rurais, envolvendo um elevado número de pequenos produtores no processo produtivo e apresentando significativa capacidade de geração de empregos e renda, desde as atividades produtivas até a industrialização dos produtos. De acordo com dados do Censo Agropecuário (IBGE, 2006), a produção de leite é praticada em todas as regiões brasileiras, com um total de 1.349.326 estabelecimentos, dos quais aproximadamente 80,7% são provenientes da agricultura familiar (1.089.413 estabelecimentos). Segundo Martins e Guilhoto (2012) o segmento é considerado de grande potencial para a ocupação de mão de obra, pois, assumindo-se uma média de dois trabalhadores atuando em cada propriedade, é possível afirmar que somente o segmento primário conta pelo menos 3,6 milhões de postos de trabalho permanentes. Estima-se que o setor envolva cerca de 3,6 milhões de pessoas, produzindo aproximadamente 25 bilhões de litros de leite por ano (IBGE, 2006).

1.1 Aspectos e Impactos ambientais da Agropecuária

Ao longo dos anos, a fim de atender à crescente demanda, a produção de alimentos passou do sistema tradicional ao intensivo (GONZÁLEZ-GARCÍA et al., 2013a). Desta forma, os sistemas de produção de alimentos se tornaram um fator chave para o esgotamento dos recursos naturais e as alterações climáticas (MEISSNER SCHAU e MAGERHOLM FET, 2008). Segundo Basset-Mens, Ledgard e Boyes (2009), as fazendas leiteiras têm se transformado com o tempo, passando de uma produção à base de pasto com baixas entradas (*inputs*) para um sistema intensivo, com aumento do consumo de insumos (por exemplo, fertilizantes, energia, água para irrigação, dentre outros). No entanto, esta intensificação da produção de leite geralmente é acompanhada por uma maior carga de danos ambientais provenientes da atividade, tais como um elevado consumo de insumos e geração de resíduos e efluentes.

Diante deste contexto, muitos questionamentos referentes à sustentabilidade ambiental dos sistemas atuais de produção de alimentos surgiram, gerando uma demanda por indicadores de sustentabilidade, baseados no ciclo de vida dos produtos (CLAUDINO e TALAMINE, 2013). De fato, estudos indicam que os consumidores estão cada vez mais sensíveis à forma como consomem os produtos, aumentando sua preocupação com aspectos ambientais e sociais dessa decisão (UNEP, 2002; ERSCP, 2004). Segundo Meier et al. (2015) para desenvolver sistemas agrícolas mais sustentáveis, pesquisadores e os tomadores de decisão precisam de informações sobre os pontos fortes e fracos dos diferentes sistemas produção agrícola e impactos ambientais.

Em todo o mundo, estima-se que a agropecuária seja responsável por aproximadamente 18% do total da emissão de gases causadores do efeito estufa (FAO, 2010). Além das emissões atmosféricas, destacam-se também como impactos ambientais da produção de leite, o elevado consumo de insumos, tais como água e fontes energéticas, bem como a geração de resíduos e de efluentes com elevado potencial poluidor. Diante do contexto supracitado e da importância econômica e social da agropecuária, torna-se notória a importância da avaliação das relações entre a produção e os aspectos e impactos ambientais a ela relacionados.

É válido salientar que toda atividade antrópica irá gerar, em maior ou menor grau, impactos ambientais, ou seja, modificações do meio ambiente, resultante ou não dos aspectos ambientais da organização. Os aspectos ambientais podem ser definidos como os elementos das atividades, produtos ou serviços de uma organização que podem interagir com o meio ambiente, causando ou podendo causar impactos ambientais, positivos ou negativos (ISO 14001, 2015). Para Claudino e Talamine (2013), os atuais sistemas para produção de alimentos requerem grandes quantidades de entradas de recursos, o que provoca diversos efeitos negativos para o meio ambiente, sendo esses sistemas configurados e otimizados para satisfazer as demandas econômicas e as necessidades de crescimento da população mundial.

Com a cadeia agroindustrial leiteira não é diferente. Tal atividade requer insumos para a produção de alimentos para o gado, medicamentos, pastagem, em diferentes etapas da produção. Além dos insumos necessários, um fator de extrema importância da atividade são as saídas inerentes ao processo (além do produto final) tais como emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos de diferentes composições em função das variadas etapas da atividade. Há que se considerar também os impactos no solo derivados da atividade, tais como a compactação, devido ao constante pisoteio do gado.

1.2 Metodologias de avaliação de desempenho ambiental

A sensibilização popular em relação às questões ambientais e a necessidade de possibilitar o prosseguimento da produção com a redução dos impactos ambientais por ela causados é crescente (CLAUDINO e TALAMINE, 2013). No intuito de atender a estas demandas bem como, reduzir a carga ambiental dos produtos e processos, diversas metodologias foram desenvolvidas, como por exemplo, a Produção Mais Limpa (PmaisL), a Pegada Ecológica e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A PmaisL tem como princípio básico eliminar, ou reduzir, a geração de resíduos durante o processo produtivo, evitando assim, o desperdício de matérias-primas e insumos, como água e energia. Dessa forma, a PmaisL matem o foco na avaliação dos produtos e processos com o intuito de otimizar o emprego de matérias-primas, de modo a não gerar ou reduzir a geração de resíduos, minimizando os riscos ambientais e trazendo benefícios econômicos para a empresa (GOUVINHAS, 2013).

Já a Pegada Ecológica é uma ferramenta de avaliação que contabiliza os fluxos de matéria e energia que entram e saem de um sistema econômico (Van Bellen, 2002). Segundo Xavier e Matos (2013), a Pegada Ecológica representa a demanda por recursos e está estritamente relacionada à biocapacidade, que representa a disponibilidade de recursos a serem consumidos e a demanda necessária a partir das atividades desenvolvidas na área em questão.

Uma metodologia capaz de avaliar o desempenho ambiental de determinado produto, incluindo a identificação e a quantificação da energia e das matérias-primas utilizadas no seu ciclo de fabricação, é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). A ACV pode ajudar a identificar oportunidades de melhoria no desempenho ambiental em vários pontos do ciclo de vida (LÉIS et al., 2014). Tal metodologia serve para compilar e avaliar os impactos ambientais, o uso de recursos e as emissões de todo o ciclo de vida de um produto ou serviço (ISO 14040, 2006; ROY et al., 2009; CLAUDINO e TALAMINE, 2013).

Segundo Yan, Humphreys e Holden (2011) várias ferramentas estão sendo desenvolvidas para avaliar o impacto ambiental na agricultura (Quadro 01). A maioria destas ferramentas se concentra na prática (fazenda, área cultivável e desempenho do sistema), entretanto, a ACV é o único método que, por definição, avalia a produção em termos de impacto relativo por unidade do produto.

Quadro 01: Exemplos de métodos de avaliação de impacto ambiental

Método ^a	Característica	Escala Temporal	Escala Espacial ^b		
			Local	Regional	Global
ACV	Impacto relativo por unidade do produto	Tempo de vida do Produto	+ / 0	+	+
SMA	Alocação de recursos	Ano	+	+	0
PLM	Otimização	Ano	+	+	+ / 0
AIA	Análise de Risco	Ano	+	+	+ / 0
IAE		Ano	+	+	+
PE	População e Consumo	Ano	+	+	+
IPCC	Fluxo Nacional	Ano	+ / 0	+	0

^a ACV = Avaliação do Ciclo de Vida; SMA = Sistemas Multi-Agentes; PLM = Programação Linear Múltipla; AIA = Avaliação de Impacto Ambiental; GAA = Gestão Ambiental na Agricultura; IAE = Indicadores Agro Ecológicos; PE = Pegada Ecológica; IPCC = Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.

^b Os símbolos indicam a extensão em que o efeito é levado em conta. +: O efeito é considerado; +/0: O efeito é considerado em menor grau; 0: O efeito não é considerado.

Fonte: Adaptado de Yan, Humphreys e Holden (2011).

A ACV é diferente de muitas outras técnicas (tais como Avaliação de Desempenho Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental e a Avaliação de Riscos), uma vez que se trata de uma abordagem relativa baseada em uma unidade funcional (ISO 14040, 2006).

Para Léis (2013), o Brasil começa a se estabelecer como um dos grandes produtores de leite em nível global. Porém, ainda faltam estudos de ACV dos produtos nacionais, fazendo-se necessárias pesquisas nesse setor a fim de potencializar a competitividade de tais produtos. Além dos estudos nacionais, em decorrência da grande extensão geográfica do Brasil, destaca-se ainda a importância dos estudos regionais, no intuito de assegurar precisão e confiabilidade nas avaliações ambientais realizadas no país (LÉIS, 2013).

Desta forma, acredita-se que realizar, com base na ACV, um estudo do leite produzido no estado da Bahia, mais precisamente no Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia, possibilitará a identificação dos potenciais impactos da atividade, como também de oportunidades para a melhoria do desempenho ambiental da produção em diversos pontos do ciclo de vida. Sendo assim, justifica-se a proposta de elaboração da Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida da produção leiteira servindo como base para iniciativas de novos estudos com a utilização da ACV em âmbito nacional e regional, colaborando com os estudos nacionais referentes a esta metodologia, bem como, com a obtenção de resultados práticos para o setor e para a comunidade local no tocante à sustentabilidade ambiental.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo realizar avaliação de impacto do ciclo de vida do leite produzido no Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o sistema de produção de leite cru refrigerado em uma propriedade rural do Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia;
- Compilar e quantificar as entradas e saídas da produção de leite para construção do Inventário do Ciclo de Vida;
- Analisar e utilizar os resultados da Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida para apontar os pontos críticos do leite produzido na propriedade rural estudada, relacionados aos aspectos ambientais negativos, bem como possíveis melhorias no processo produtivo.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia

O Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia (Figura 02) possui aproximadamente 11.943,77 km² de superfície e é composto por treze municípios: Caatiba, Firmino Alves, Ibicuí, Iguai, Itambé, Itapetinga, Itarantim, Itororó, Macarani, Maiquinique, Nova Canaã, Potiguará, Santa Cruz da Vitória. No tocante aos índices populacionais, destaca-se que o Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia possui uma população total de 244.671 habitantes, dos quais 52.489 habitantes são da zona rural, ou seja, aproximadamente 21,45% da população (IBGE, 2010).

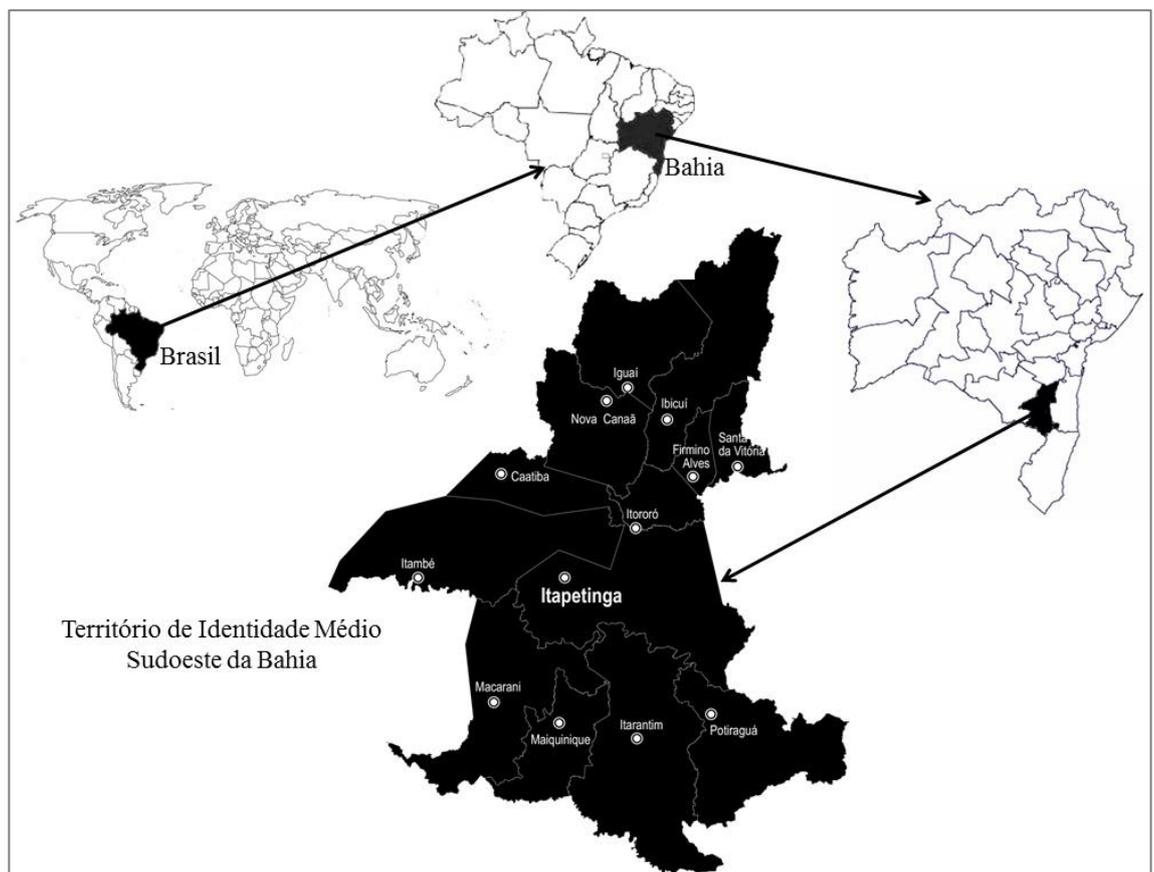


Figura 02: Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia.

O tipo climático predominante é sub-úmido a seco, estando presente em dez dos treze municípios do território. O município de Itambé apresenta o tipo climático semi-árido, enquanto que os municípios Ibicuí e Iguaí, úmido a sub-úmido.

O Quadro 02 apresenta os tipos de solo presentes nos municípios que compõem o território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia.

Quadro 02: Tipos de Solo nos municípios do Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia

Solo Município	Alissolos	Chernossolos	Latossolos	Luvisolos
Caatiba	X		X	X
Firmino Alves		X		X
Ibicuí		X		X
Iguaí		X	X	X
Itambé	X		X	X
Itapetinga	X	X		X
Itarantim	X	X	X	X
Itororó		X		X
Macarani			X	X
Maiquinique		X		X
Nova Canaã		X	X	X
Potiraguá	X	X	X	X
Santa Cruz Vitória		X		X

Fonte: EMB – SEI (2012)

A Região Sudoeste da Bahia, de acordo com critérios da SEI (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia), é composta por municípios que fazem parte de quatro Territórios de Identidade: Vitória da Conquista, Médio Sudoeste da Bahia, Médio Rio de Contas e Vale do Jequiçá. Gomes et al. (2010), ao realizarem uma análise a partir de índices do desenvolvimento rural da região Sudoeste da Bahia constataram que quando se analisa o Índice de Desenvolvimento Rural por território de identidade, o Médio Sudoeste da Bahia é aquele em que o desenvolvimento rural apresenta-se mais uniforme, pois 58% dos municípios possuem índices regulares e 25% ótimo. O Território de Identidade Vitória da Conquista ocupa a segunda posição, em que 50% dos municípios possuem índices regulares e 21% ótimo. Por outro lado, o Território de Identidade Vale do Jequiçá é o que apresenta maior percentual de municípios em situação crítica de desenvolvimento rural (40%). Já no Território de Identidade Médio Rio das Contas, todos os municípios situam-se em patamar regular de desenvolvimento no meio rural.

Com relação aos aspectos produtivos, o Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia apresenta em diferentes municípios que o compõe, produção agropecuária composta

por banana, cacau, cana-de-açúcar, feijão, mandioca, abacaxi, milho, tomate e café. O rebanho do território é composto por asininos, bovinos, bubalinos, caprinos, equinos, aves (galinhas, galos, frangas, frangos e pintos), muares, ovinos e suínos. Possui uma área cultivada com pastagens de cerca de 381.050 hectares e uma produção de leite bovino de 43.130 mil litros, com um total de 95.506 vacas ordenhadas no território em 2012 e um rebanho bovino de 856.872 cabeças (SEI, 2014).

As principais bacias leiteiras do estado da Bahia estão localizadas nos Territórios de Identidade do Extremo Sul, Médio Sudoeste da Bahia, Litoral Sul, Médio Rio de Contas, Portal do Sertão e Vitória da Conquista. Os demais Territórios também produzem, mas, pela falta de especialização, a oferta é bastante irregular, com produção elevada durante as chuvas e reduzida produção no período de estiagem (MADERI, 2014; CARVALHO JÚNIOR, 2011; NASCIMENTO, 2011; SEAGRI, 2009).

Na Bahia, segundo Nascimento (2011), o Território de Identidade Médio Sudoeste destaca-se como uma das principais bacias leiteiras, possuindo esta atividade como uma das principais da região, tendo um papel significativo na produção do estado, pois as condições locais vêm influenciando positivamente na ascensão deste sistema produtivo. Maderi (2014) ressalta que no tocante à origem do leite recebido nos laticínios da região, grande parte dos laticinistas mantém a compra no próprio Território de Identidade Médio Sudoeste, destacando ainda que os laticínios estão estrategicamente instalados na região devido à sua capacidade de produção leiteira, permitindo a afirmação que tal território é uma das mais importantes bacias leiteiras da Bahia e que concentra também uma parcela significativa das indústrias de laticínios do estado.

3.2 Avaliação do Ciclo de Vida: Conceitos principais

Em todas as fases do ciclo de vida, os produtos interagem com outros sistemas, sendo, portanto, chamado de ciclos abertos. A fim de fabricar um produto, substâncias, energia, trabalho, tecnologia e recursos financeiros são necessários, enquanto que outras substâncias, além dos produtos, são emitidas para o ambiente. O conceito de ciclo de vida integra as estratégias existentes de consumo e produção, evitando uma abordagem fragmentada, além disso, utilizando abordagens de ciclo de vida evita-se o “problema de deslocamento”, ou seja, ao tentar resolver um problema, esse problema não será totalmente resolvido, mas em vez disso (parcialmente) deslocado: de uma fase do ciclo de vida para outra, de um local para outro, de um ambiente (por exemplo, ar, água, ou terra) para outro, ou ainda do presente para o futuro (UNEP - SETAC, 2005). Diante desse contexto, a Gestão do Ciclo de Vida (GCV)

foi desenvolvida como um conceito integrado para a gestão total do ciclo de vida de produtos e serviços para o consumo e padrões de produção mais sustentáveis, enquanto que a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia para a avaliação sistemática dos aspectos ambientais de um sistema de produto ou serviço através de todas as fases do seu ciclo de vida (UNEP - SETAC, 2005).

Os primeiros estudos de Avaliação do Ciclo de Vida foram desenvolvidos nos Estados Unidos ao final da década de 1960, em consequência de preocupações com as limitações das matérias-primas e recursos energéticos que despertaram o interesse em encontrar maneiras para quantificar o uso de energia e os recursos para projetos futuros e sua utilização, devido à crise energética deflagrada pelo aumento do preço do petróleo (VIGON *et al.*, 1993; SANTOS, 2006).

No intuito de padronizar os estudos sobre a Avaliação do Ciclo de Vida, a International Organization for Standardization (ISO) publicou a série de normas ISO 14040, com a ISO 14040 (1997) que tratava sobre os Princípios Gerais da ACV, a ISO 14041 (1998), sobre a definição do objetivo e escopo e Inventário do Ciclo de Vida, a ISO 14042 (2000) referente à Análise do Inventário do Ciclo de Vida – AICV e a ISO 14043 (2000) que abordava sobre a Interpretação dos resultados da ACV.

Em 2006 a série de normas supracitada foi atualizada e substituída pelas que estão descritas abaixo:

- ISO 14040:2006 – Life Cycle Assessment – Principles and Framework (Avaliação de Ciclo de Vida - Princípios e estrutura).
- ISO 14044:2006 – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines (Avaliação de Ciclo de Vida - Requisitos e Orientações).

A Avaliação do Ciclo de Vida é definida de acordo com a ISO 14040 (2006) como a compilação e avaliação das entradas, das saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida. Ainda de acordo com a ISO 14040 (2006) uma ACV é dividida em etapas (Figura 03), como especificado a seguir:

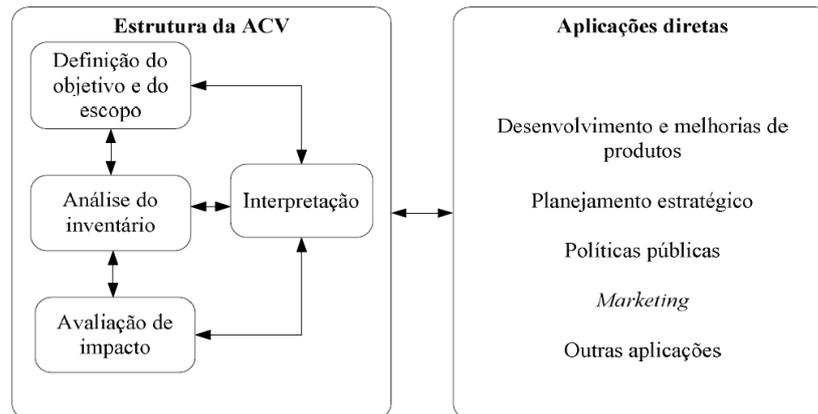


Figura 03: Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida.

Fonte: ISO 14040 (2006)

i) Definição do objetivo: nesta etapa são especificadas a aplicação pretendida, as razões para realização do estudo e o público-alvo;

ii) Definição do escopo: descreve a abrangência do estudo, ou seja, a fronteira do sistema que está sendo analisado, a função e a unidade funcional. Um sistema pode ter várias funções possíveis e aquela(s) selecionada(s) para o estudo depende(m) do objetivo e do escopo da ACV. A Unidade Funcional define a quantificação das funções identificadas (características de desempenho) do produto. O propósito primário de uma unidade funcional é fornecer uma referência à qual as entradas e saídas são relacionadas. A fronteira do sistema define os processos elementares a serem incluídos no sistema (ISO 14040, 2006).

iii) Análise de inventário: É a etapa da ACV em que se realiza a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas de um sistema de produto. Tais entradas podem ser definidas, por exemplo, como as matérias primas e recursos que serão utilizadas no processo. No tocante às saídas, estas podem ser descritas como os produtos obtidos, bem como as emissões provenientes, sejam para a atmosfera, corpos hídricos ou solo. Estes dados irão constituir o ponto inicial para a Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (ISO 14040, 2006).

Alocação

Na elaboração do Inventário do Ciclo de Vida há que se considerar se haverá a necessidade de efetuar a alocação, processo que consiste na distribuição adequada dos fatores de impacto do processo entre o produto principal e os subprodutos que são gerados pelo sistema. A sua utilização se faz necessária, por exemplo, quando o sistema a ser estudado gera mais de um produto, ou ainda reciclagem (ISO 14040, 2006).

A norma ISO 14044 (2006) aconselha que a alocação seja evitada sempre que possível. Segundo Ramirez et al. (2008) tal recomendação se justifica, pois ao adicionar mais cálculos ao estudo de ACV, mais incertezas também são atribuídas. A Alocação pode ser evitada através da divisão do processo a ser alocado em subsistemas ou pela expansão do sistema (ISO 14044, 2006).

Quando a Alocação não pode ser evitada, as entradas e saídas do sistema devem ser distribuídas entre seus diferentes produtos ou funções, de forma que reflita as relações físicas entre eles (ISO 14044, 2006), ou seja, devem representar a forma em que as entradas e saídas são alteradas com mudanças quantitativas nos produtos ou funções que deixam o sistema (Ramirez et al., 2008). Caso as relações físicas não possam ser estabelecidas isoladamente ou usadas como base para a alocação, as entradas devem ser distribuídas entre os produtos e funções de forma que reflitam outra relação entre eles. Por exemplo, dados de entrada e saída podem ser alocados entre os coprodutos, proporcionalmente ao valor econômico dos produtos (ISO 14044, 2006). A alocação em proporção ao valor econômico fornece informações sobre as causas do sistema e seus impactos ambientais, contudo, não fornece informações sobre os efeitos de ações nesses impactos. A desvantagem do seu uso é a flutuação do mercado. Para diminuição desta variação recomenda-se o uso de médias dos valores econômicos (Ramirez, 2009).

Feitz et al. (2007) recomendam o uso da alocação baseada em propriedades físico-químicas de massa, volume, ou energia dos processos e emissões. Dessa forma, a alocação baseada em propriedades físico-químicas evita erros que podem ser introduzidos por meio da alocação econômica.

No tocante à produção do leite, ressalta-se que este não é gerado de forma isolada. Existem diversos subprodutos, tais como carne, chifres, bezerros, couro, etc., que são produzidos pelos bovinos de leite, ocasionando o uso de alocação para distribuir de forma adequada os impactos desses coprodutos e do produto principal. Os fluxos de materiais e de energia, bem como as liberações ao ambiente, devem ser alocados aos diferentes produtos de acordo com procedimentos claramente estabelecidos, devendo ser documentados e justificados (ISO 14040, 2006). Segundo O'Brien et al. (2014), existem vários métodos para distribuir a carga ambiental entre o leite e carne, dentre esses:

- (1) Leite: nenhuma alocação para a carne; e toda a carga ambiental é atribuída ao leite;
- (2) Massa: o impacto ambiental do sistema leiteiro é distribuído entre os co-produtos de acordo com a massa de leite e carne que são vendidas;

(3) Econômica: A alocação entre o leite e a carne é realizada com base na receita recebida para esses produtos (vendas de vacas ao final do ciclo produtivo e dos bezerros machos e venda do leite);

(4) Proteica: a proteína comestível do leite e da carne é utilizada para alocar a carga ambiental da produção, sendo assumido o teor de proteína da carne de 20% do peso da carcaça (Flysjö et al., 2011a);

(5) Física: Os impactos ambientais do sistema leiteiro são alocados com base em energia alimentar necessária para a produção de leite e carne (IDF, 2010; Doublet et al., 2013);

(6) Expansão do sistema: esta abordagem assume que a carne das vacas ao final do ciclo produtivo e bezerros machos excedentes provenientes da produção leiteira é uma alternativa para substituir a carne proveniente de sistemas de produção de carne (Flysjö et al., 2012).

Análise de Sensibilidade

Sempre que diversas alternativas de procedimentos de alocação parecerem aplicáveis, uma Análise de Sensibilidade deve ser conduzida para explicitar as consequências da substituição da abordagem selecionada (ISO 14044, 2006). Uma Análise de Sensibilidade considera procedimentos sistemáticos para estimar os efeitos das escolhas feitas em termos de métodos e dados nos resultados de um estudo (ISO, 14040, 2006). Ou ainda, um procedimento para determinar como mudanças nos dados e nas escolhas metodológicas afetam os resultados da Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida. A Análise de Sensibilidade tem por objetivo a avaliação da confiabilidade dos resultados finais e conclusões, determinando de que forma eles são afetados por incertezas nos dados, métodos de alocação ou cálculo dos resultados dos indicadores de categoria etc. (ISO 14044, 2006).

iv) Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida: envolve a associação de dados de inventário com impactos ambientais específicos e a tentativa de compreender estes impactos. A avaliação do impacto é realizada por meio da seleção, classificação e caracterização de categorias de impacto (classes que representam as questões ambientais relevantes aos quais os resultados da análise do ICV podem ser associados), dos indicadores de cada categoria e dos modelos de caracterização (Figura 04).

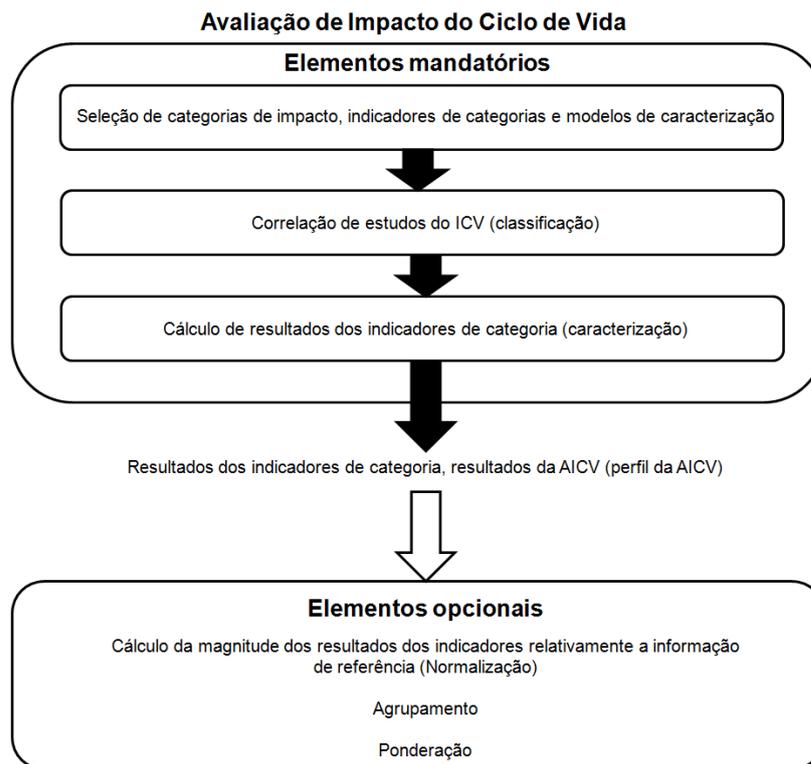


Figura 04: Elementos da fase de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida.
Fonte: ABNT NBR ISO 14040 (2009)

Para cada categoria de impacto pode ser feita uma distinção entre resultados do Inventário do Ciclo de Vida. Ao definir as categorias de impacto, um indicador é escolhido em algum lugar no mecanismo ambiental (ISO 14047, 2012). A seguir são apresentadas algumas categorias de impacto bem como seus respectivos indicadores (Quadro 03).

Quadro 03: Exemplos de categorias de impacto ambiental que podem ser consideradas na Avaliação do Ciclo de Vida da produção leiteira

Categoria de Impacto	Indicadores	Método de caracterização potencial	Unidade
Mudanças Climáticas	Produção de gases de efeito estufa	Estimativas das emissões de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O	kgCO ₂ eq
Acidificação	Emissão de poluentes acidificantes (SO ₂ , NO _x e NH _x)	Potencial de acidificação para cada emissão	kgSO ₂ eq
Eutrofização	Emissões de N e P para o ar, água e solo	Potencial de eutrofização para cada emissão	kgPO ₄ eq, NO ₃ eq ou kgPeq
Ocupação de Terra	Perda de terra como um recurso devido ao uso	Agregação do uso de terra	m ² ano

Fonte: Adaptado de Beauchemin e McGeough (2014)

- Mudanças Climáticas: Os gases de efeito estufa (GEE) são substâncias que possuem um potencial para o aquecimento global (IPCC, 2006; IDF, 2010b). Dentre os principais gases de efeito estufa na agricultura é possível citar o dióxido de carbono (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4). Como indicador de tal potencial, tais gases são expressos em quilograma de CO_2 equivalente ($\text{kg CO}_2\text{eq}$). A Pegada de Carbono de um produto é a soma dos gases emitidos durante o seu ciclo de vida, dentro das fronteiras do sistema, para uma aplicação específica e em relação a uma quantidade e produto determinado (IDF, 2010b; Léis, 2013). Segundo Yan, Humphreys e Holden (2013) devido às preocupações globais sobre a emissão de gases de efeito estufa na produção pecuária, a interpretação de tais emissões é mais realizada em ACV's do que outras categorias, como a Eutrofização, por exemplo.

- Acidificação Terrestre: A deposição de substâncias inorgânicas, como sulfatos, nitratos e fosfatos na baixa atmosfera faz com que tais substâncias sejam dissolvidas durante as chuvas (chuva ácida) o que pode causar uma alteração na acidez do solo e das águas, além de prejuízos diretos às florestas (Léis, 2013). Existe uma acidez ótima definida para cada espécie de planta e quando esta é alterada pode ser prejudicial para determinadas espécies (GOEDKOOOP et al., 2008). O indicador desta categoria de impacto é expresso em quilograma de dióxido de enxofre equivalente ($\text{kg SO}_2\text{eq}$). A Acidificação Terrestre é considerada uma das várias categorias de impacto que podem ser considerados na ACV e sua documentação requer o uso de um método de avaliação de impacto e uma descrição das emissões relevantes que influenciaram os resultados obtidos (FAO, 2015).

- Eutrofização de Água Doce: é definida como o enriquecimento em nutrientes no meio aquático, em decorrência das emissões de compostos fosfatados e/ou nitrogenados que afetam o padrão de crescimento dos ecossistemas, seja pelo excesso de Nitrogênio (N) no solo (NO_x , NH_x e NO^{-3}) ou pela lixiviação de fosfato e nitrato para água (DE BOER, 2003; LÉIS, 2013). O indicador para a eutrofização é usualmente expresso em quilograma de fosfato equivalente ($\text{kg PO}_4\text{eq}$) ou em kg de fósforo equivalente (kg P eq). No caso da produção de leite à base de pasto, os nutrientes provenientes do estrume (principalmente nitrogênio e fósforo) ou dos fertilizantes químicos utilizados para a produção de alimentos para animais podem fluir para as águas superficiais, diretamente ou após aplicação no campo. Este processo pode fornecer nutrientes para algas e vegetação aquática levando a uma proliferação de biomassa aquática. A decomposição desta biomassa consome oxigênio, criando condições de deficiência de oxigênio, matando peixes e outros organismos aquáticos (FAO, 2015).

- Uso de Terra Agrícola: a relevância ambiental desta categoria é amplamente reconhecida em estudos de ACV (BAAN et al., 2012), principalmente no setor agropecuário. Conforme Alvarenga (2013), a comunidade de ACV está ciente da importância dos impactos do uso da terra e vários esforços têm sido realizados para melhorar sua avaliação. O uso da terra reflete impactos de área ocupada, pelo uso direto, bem como da sua transformação (Léis, 2013). Normalmente, as etapas agrícolas do processo produtivo são as que mais necessitam de área por quantidade do produto final. O indicador para esta categoria é expresso em m² ano (GUINÉE et al., 2002).

- Depleção Fóssil: O termo combustível fóssil se refere a um grupo de recursos que contêm hidrocarbonetos em sua composição. O grupo varia de materiais voláteis, como metano, para materiais não-voláteis, como o carvão mineral. A origem dos combustíveis fósseis é datada no final dos períodos Jurássico (150 milhões de anos atrás), Cretáceo (90 milhões de anos atrás) e Permiano (230 milhões de anos atrás). Durante esses períodos de tempo, grandes quantidades de petróleo e gás foram formados nos oceanos e grandes lagos, em decorrência das altas temperaturas e elevadas quantidades de plâncton e outros organismos que se depositaram no fundo de tais ecossistemas. Cerca de 1% dos depósitos originais ainda podem ser encontrados em quantidades que podem ser exploradas (GOEDKOOOP et al., 2008). Durante a extração, o Petróleo e gás simplesmente fluem para fora do poço até certo ponto. Quando esse ponto é alcançado ainda é possível continuar a extração, entretanto, isso aumenta os custos de produção e a exigência de produção de energia. Quando a produção de combustíveis fósseis convencional for limitada pela escassez, serão necessárias as chamadas novas fontes não convencionais, para assegurar o abastecimento. Estas fontes não convencionais de combustíveis fósseis podem ser exemplificadas como o betume (areia betuminosa), bem como fontes de energia alternativas, como o urânio 34. Na categoria de impacto Depleção Fóssil o foco se mantém na substituição de recursos fósseis convencionais por recursos fósseis não convencionais, principalmente porque na maioria dos cenários estes são esperados em decorrência da importância em uma escala global. Recursos fósseis não convencionais são geralmente mais intensivos em uso de energia e mais caros para serem produzidos, em comparação aos combustíveis convencionais. Isto significa que os combustíveis não convencionais só podem ser produzidos quando o nível geral de preços para o combustível é alto o suficiente para cobrir os custos (GOEDKOOOP et al., 2008).

v) Interpretação dos Resultados: Nesta fase são avaliadas em conjunto as constatações da análise do inventário e da avaliação de impacto. Ressalta-se que esta é uma fase independente,

onde são feitas as conclusões, identificadas as limitações e feitas as recomendações ao público-alvo.

3.3 Avaliação do Ciclo de Vida no contexto da produção de leite

Diversos trabalhos, principalmente em âmbito internacional, utilizaram a ACV com o intuito de analisar os impactos ambientais da produção de leite em seus mais variados aspectos. Em sua maioria, tais trabalhos visavam avaliar a produção leiteira em diferentes sistemas, a produção de coprodutos do leite, bem como a alocação com produtos, tais como a carne, a aplicação de fertilizantes e pesticidas na produção de grãos para a alimentação dos rebanhos, as diversas fases do sistema produtivo do leite, dentre outros.

Ainda nesse contexto, ressalta-se que a ACV tem sido utilizada em alguns estudos para identificar as etapas da produção responsáveis pelos maiores impactos ambientais (Berlin, 2002; Hospido et al., 2003). Outros estudos foram realizados com o objetivo de comparar os métodos de produção de leite, tais como as diferenças entre a produção de leite convencional e a orgânica, como os trabalhos Cederberg e Mattsson (2000) e Thomassen et al. (2008a).

Cederberg e Stadig (2003) elaboraram um estudo de ACV da produção de leite e carne, com o intuito de avaliar os diferentes métodos de tratamento para os coprodutos. Dentre os métodos avaliados por eles, cita-se: sem alocação (ou seja, toda a carga ambiental foi alocada para o leite), Alocação Econômica e a Expansão do Sistema (ACV consequencial). Como resultado os autores constataram que a alocação econômica entre o leite e a carne favorece a produção de carne. Quando a expansão do sistema é realizada, ou seja, quando a alocação é evitada, e todas as entradas e saídas são descritas, os benefícios ambientais da produção de leite são óbvios devido aos coprodutos. Eles destacam que a escolha do método de alocação utilizado para a distribuição dos impactos ambientais entre os principais produtos e coprodutos pode contribuir de forma significativa nos resultados finais. Os autores ressaltam ainda, como conclusão do trabalho, a importância da avaliação das categorias de impacto que estão sendo consideradas, já que descrevem o potencial de carga ambiental das emissões biogênicas como: metano, amônia e as perdas de nitrogênio, devido ao uso da terra e sua fertilização.

Hospido, Moreira e Feijoo (2003) utilizaram uma metodologia simplificada de Avaliação de Ciclo de Vida para analisar um esquema representativo da produção de leite em Galícia, na Espanha. Os dados para o inventário foram obtidos por representação de diferentes forragens, fazendas e laticínios. De acordo com os autores, a análise de tais dados, utilizando a ACV, permitiu quantificar o impacto potencial associado com a produção de leite como

também determinar as reduções passíveis de serem obtidas com a aplicação de diferentes medidas de melhoramento, tais como a formulação mais adequada da alimentação para o gado e a implantação de sistemas de tratamento de emissões atmosféricas e efluentes líquidos. Eles ressaltam ainda que a partir da adoção dessas ações é possível obter uma redução de aproximadamente 22% dos impactos ambientais relacionados com a produção leiteira.

Sonesson e Berlin (2003) realizaram um estudo empregando um modelo matemático baseado na ACV, para avaliar os impactos ambientais da cadeia de abastecimento de produtos lácteos na Suécia. Nos resultados eles ressaltam que qualquer consideração sobre os efeitos ambientais da produção de leite deve considerar integralmente a cadeia e que a quantidade de materiais bem como de embalagens utilizadas é um fator importante, assim como o transporte dos produtos lácteos até os consumidores.

As perspectivas e as limitações da ACV como uma ferramenta para analisar o impacto ambiental integrado da produção animal convencional e orgânica foram avaliadas por Boer (2003). O autor utilizou os resultados provenientes de avaliações de ciclo de vida da literatura e de um estudo piloto que comparou a produção de leite nos sistemas convencional e orgânico. As conclusões foram que os estudos dos impactos são, em sua maioria, realizados com a comparação de fazendas experimentais e que para demonstrar as diferenças do potencial impacto ambiental entre os vários sistemas de produção, a aplicação da ACV deve ser realizada em um grande número de propriedades rurais para cada sistema.

Thomassen e Boer (2005) analisaram a eficácia dos indicadores ambientais derivados de três métodos utilizados na produção animal: a Contabilidade de Entrada e Saída, Pegada Ecológica e Avaliação de Ciclo de Vida. A avaliação da eficácia foi baseada em indicadores em uma avaliação da relevância, qualidade e disponibilidade de dados. Os resultados mostraram que os indicadores derivados da contabilidade das entradas e saídas são eficazes, devido à alta relevância, bem como da qualidade e disponibilidade de dados. Esses indicadores, no entanto, não incluem todas as categorias de impacto ambiental (por exemplo, uso da terra, uso de energia, mudanças climáticas). No tocante ao indicador derivado da análise da Pegada Ecológica, este não se demonstrou eficaz para a avaliação do uso da terra e de energia fóssil, devido à sua relevância limitada e de baixa qualidade. Os autores ressaltam que os indicadores baseados em recursos da ACV para o aquecimento global, acidificação e eutrofização potencial são eficazes devido à sua alta relevância, qualidade e disponibilidade de dados, no entanto, os dados dos indicadores da ACV são difíceis de serem coletados. Para dar uma boa visão sobre o impacto ambiental de um sistema de produção de leite, além de

indicadores contábeis de insumo-produto, os indicadores de ACV são obrigatórios (THOMASSEN e BOER, 2005).

Em 2008, uma nova comparação entre os sistemas de produção convencional e orgânica, foi realizada na Holanda por Thomassen et al. (2008a), utilizando a Avaliação de Ciclo de Vida. Para isso os autores identificaram os impactos ambientais e os *hotspots* (processos ou atividades responsáveis pela principal parcela dos impactos ambientais) da cadeia produtiva de cada sistema. Na realização do trabalho, os autores utilizaram dados coletados a partir de fazendas que participaram de dois estudos piloto usados como referência para o ano de 2003. Ressalta-se que para cada fazenda eles utilizaram uma avaliação detalhada do ciclo de vida do berço ao portão das fazendas. A partir dos resultados obtidos, Thomassen et al. (2008a) puderam constatar que o melhor desempenho nas categorias de impactos atribuídas à produção convencional se deu no uso da terra. Já no tocante à produção orgânica, o desempenho mais satisfatório foi constatado no uso de energia e potencial de eutrofização. Em relação aos potenciais de aquecimento global e de acidificação, os autores ressaltam que não houve diferenciação entre os dois sistemas.

Castanheira et al. (2010) avaliaram os impactos ambientais associados com produção de leite em fazendas leiteiras em Portugal e identificaram os processos que têm o maior impacto ambiental usando a Avaliação do Ciclo de Vida. Os principais fatores envolvidos na produção de leite foram incluídos, dentre estes: a fazenda de gado leiteiro, silagem de milho, silagem de azevém, palha, concentrados, diesel e eletricidade. Segundo eles, os resultados sugerem que a principal fonte de emissões atmosféricas e de efluentes líquidos no ciclo de vida de leite é a produção de concentrados. As atividades realizadas em fazendas leiteiras foram a principal fonte de óxidos nitrosos (da queima de combustíveis), amônia e metano.

O'Brien et al. (2012) realizaram um estudo na Irlanda com o objetivo de desenvolver um modelo de ACV para comparar os sistemas de produção de leite: um extensivo e outro intensivo (confinamento), em duas fazendas distintas. As categorias de impacto ambientais considerados pelos autores foram: Mudanças Climáticas, Eutrofização, Acidificação, Uso da terra e Uso de energias não renováveis. Com a realização deste estudo os autores constataram que, quando expressa por unidade de leite e por área na fazenda, todos os impactos ambientais foram mais significativos para sistema em confinamento em relação ao sistema extensivo. Por área agrícola total (na exploração e na área não agrícola), todos impactos ambientais, exceto a categoria de mudanças climáticas, foram menores para o sistema extensivo. O maior impacto ambiental do sistema de confinamento foi devido ao aumento da utilização de alimentos concentrados e do maior período de armazenamento do estrume. A modelagem do cenário

demonstrou que existe um potencial para diminuir o impacto ambiental de sistemas de produção leiteiro, em particular o sistema de confinamento, através da redução do uso de concentrado com ingredientes com alto impacto ambiental. Além disso, a modelagem também demonstrou que suposições a respeito do ciclo de carbono devem ser claramente definidas na avaliação de sistemas de produção de leite e que a padronização dos procedimentos de atribuição de ACV é necessária.

Fantin et al. (2012) realizaram na Itália um estudo de ACV do berço da fazenda ao portão dos laticínios levando em consideração as regras do Sistema Internacional de Declaração Ambiental dos Produtos (EPD) e compararam os resultados com a declaração ambiental de outra marca de leite. Segundo eles, a fonte mais importante das diferenças entre os dois estudos é a escolha de distintos modelos de sistemas, principalmente devido à falta de instruções detalhadas como, por exemplo, para escolha de modelos para estimar as emissões provenientes do uso de fertilizantes e para o gerenciamento de resíduos. Os resultados da avaliação de impacto mostraram que a produção de leite cru nas fazendas é a fase mais crítica do ciclo de vida, principalmente por causa da emissão de metano proveniente da fermentação entérica e CO₂ a partir do consumo de diesel. Dessa forma, as reduções dos impactos ambientais podem ser obtidas principalmente nas fazendas, por exemplo, com a seleção de uma dieta para a redução das emissões entéricas, com a recuperação de energia a partir de digestão anaeróbica de estrume e com a otimização da utilização de fertilizantes adotando técnicas agrícolas de precisão (FANTIN et al., 2012).

Roer et al. (2013) realizaram na Noruega uma ACV consequencial, onde os impactos ambientais da produção de leite e carne foram avaliados de forma combinada através da expansão do sistema. Os autores elaboraram um modelo representativo de três fazendas típicas das regiões mais importantes na produção de leite da Noruega. A fronteira definida foi do berço ao portão da fazenda, incluindo o uso de máquinas, equipamentos, edificações, diesel, petróleo, fertilizantes, calcário, sementes, pesticidas, detergentes, plásticos, aditivos, silagem, medicamentos e transporte. Para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida as categorias de impacto selecionadas foram mudanças climáticas, depleção fóssil, eutrofização de água doce, toxicidade humana, ecotoxicidade de água doce, ecotoxicidade marinha, eutrofização marinha, depleção do ozônio, ocupação de terras agrícolas, formação de oxidantes fotoquímicos, acidificação terrestre e ecotoxicidade terrestre. Segundo os autores, a expansão da fronteira do sistema, com a inclusão da construção de edificações, máquinas, medicamentos, detergentes, cercas, sementes e pesticidas afetou a pontuação de todas as categorias de impacto para a produção de leite e de carne. Eles destacam ainda que o estudo

indicou impactos ambientais mais elevados para a produção de leite na Noruega quando em comparação com estudos que representam a produção de leite na Europa e na Nova Zelândia. Entretanto, como os limites do sistema e os métodos alocação diferiram entre o estudo realizado por eles e os estudos europeus e neozelandeses, não é possível afirmar conclusivamente que a produção de leite norueguês provoca maior carga de danos ambientais que o leite produzido nessas outras duas regiões (ROER et al., 2013).

González-García et al. (2013b), elaboraram um estudo em Portugal com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental da produção de leite UHT embalado (simples e achocolatado) em um estudo *cradle to gate* (berço ao portão), considerando desde a produção de leite na fazenda até o portão de saída do laticínio, a fim de identificar os pontos críticos do processo. Para tal estudo eles consideraram a unidade funcional de 1 kg de leite corrigido pela energia (ECM), correção esta feita com base no teor de gordura e proteína, incluindo coprodutos que saem de laticínios (tais como o leite, creme de leite e manteiga). Os autores destacam que a escolha desta unidade funcional está de acordo com outros estudos relacionados a produtos lácteos. Além de identificar os impactos ambientais, eles também quantificaram o balanço de energia a partir de uma perspectiva *cradle to gate*. Para elaborar este estudo, a linha de produção foi dividida em dois subsistemas principais: a fazenda e o laticínio. Nos resultados os autores destacam que a produção do leite na fazenda é o principal *hotspot* em quase todas as categorias de avaliação de impacto, devido principalmente às emissões provenientes de fermentação entérica, manejo de dejetos e produção e aplicação de fertilizantes. Por fim, destacam que os valores apresentados no estudo estão na faixa de outros documentos relacionados. Entretanto, diferenças também foram identificadas devido à diversas razões, tais como a abordagem da alocação, as fontes de dados, os fatores de caracterização e as premissas consideradas de gestão agrícola.

No contexto nacional, segundo Olszensvski (2011), um dos trabalhos pioneiros em ACV na produção de leite foi realizado por Willers, Rodrigues e Silva (2010), que elaboraram um Inventário de Ciclo de Vida da produção de leite em uma unidade experimental no sudoeste da Bahia para a coleta de dados e avaliaram o consumo de matérias-primas e a geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos. Os autores ressaltam que com a elaboração do trabalho foi possível estabelecer quais as potenciais cargas ambientais no processo produtivo de leite, indicando o uso de medicamentos, herbicidas, fertilizantes como possíveis causadores de toxicidade humana e o uso de detergentes e fertilizantes como agentes de eutrofização. Além disso, chamam a atenção para o uso intensivo de extensa área de solo e

quantidades de seus nutrientes para o cultivo de cana-de-açúcar e forragem como uma forma de exaustão deste recurso.

Olszensvski (2011) avaliou, por meio da ACV, os impactos ambientais associados à produção do leite em duas propriedades rurais que utilizam diferentes sistemas produtivos: semiextensivo e intensivo. Segundo ela, os resultados da Avaliação do Ciclo de Vida demonstraram que o sistema produtivo semiextensivo apresentou a maior contribuição para as categorias de depleção abiótica e aquecimento global, enquanto o sistema intensivo apresentou maior impacto na acidificação e eutrofização. A autora destaca ainda que a produção de alimentos para os animais é a principal contribuinte em todas as categorias de impacto apresentadas. Para o sistema semiextensivo ela está essencialmente associada à produção de pastagem, e no sistema intensivo, quando há o consumo ao longo das estações, ao farelo de gérmen de milho (um subproduto da produção de amido de milho para o xarope de frutose e óleo de milho). Por fim, destaca que o sistema de produção de leite intensivo se demonstra com melhor desempenho ambiental quando comparado ao sistema semiextensivo.

Ao avaliar os impactos ambientais de distintos sistemas de produção de leite no Sul do Brasil, Léis (2013) destaca que a produção de leite em tal região apresenta um bom desempenho ambiental, com potencial competitivo internacionalmente. Léis et al. (2014) realizaram um estudo de caso comparativo com o intuito de calcular a Pegada de Carbono (PC) da produção de leite em propriedades do sul do Brasil. De acordo com os autores, a ACV comparativa demonstrou que o sistema de produção em confinamento tem uma menor PC que os outros sistemas estudados (sistema a base de pasto e sistema semiconfinado).

O Quadro 04 apresenta um resumo de alguns artigos que utilizaram a ACV para a avaliação ambiental da produção de leite de 2016 a 2012.

Quadro 04: Artigos sobre ACV e a produção de leite

Ano	Local	Autores	Escopo	UF	Alocação	Categorias de Impacto	Método
2016	Itália	Bacenetti et al.	Berço ao portão da fazenda	kg FPCM	E; B	Potencial de Aquecimento global, Acidificação, Eutrofização, Oxidação Fotoquímica, Uso de energia não renovável	ReCiPe

2015	Estados Unidos	Aguirre-Villegas et al.	Berço ao portão da fazenda	kg FPCM	M	Depleção Abiótica e Mudanças Climáticas	CML
2015	Alemanha	Kiefer; Menzel e Bahrs	Berço ao portão da Fazenda	kg FPCM	S; F; E	Pegada de Carbono	IDF IPCC
2014	Irlanda	O'Brien et al.	Berço ao portão da Fazenda	kg FPCM	E	Pegada de Carbono	Modelo GHG
2014	Suécia	Henriksson; Cederberg e Swensson	Berço à ração consumida pelo gado	Consumo de ração para produzir 1 kg ECM	E	Pegada de Carbono e Uso da Terra	IPCC
2014	Austrália	Gollnow et al.	Berço ao portão da fazenda	kg FPCM	F	Pegada de Carbono	IPCC DCCEE
2014	Brasil	Léis et al.	Berço ao portão da fazenda	kg ECM	E; M	Pegada de Carbono	IPCC
2014	Irã	Daneshi et al.	Berço ao portão	kg FPCM	E; BF	Pegada de Carbono	IPCC
2014	Itália	Bava et al.	Berço ao portão da fazenda	kg FPCM	B	Mudanças Climáticas, Acidificação Demanda de energia acumulada, eutrofização e ocupação do solo	EPD IPCC
2014	Itália	Battini et al.	Berço ao portão da fazenda	kg FPCM	S; M; E	Aquecimento global, Acidificação, Partículas em suspensão, Formação de ozônio fotoquímico, Eutrofização de água doce e marinha.	ILCD

2014	Bélgica	Meul et al.	Berço ao Portão da Fazenda	kg FPCM	E	Potencial de Aquecimento Global, Acidificação, Eutrofização, Uso de energia não renovável, Uso da Terra	MOTIFS
2013	Irlanda	Yan; Humphreys e Holden	Berço ao portão da fazenda	kg ECM	E	Pegada de Carbono	IPCC 2007 GWP
2013	Estados Unidos	Thoma et al.	Berço ao túmulo	kg de leite consumido pelos norte-americanos	E; B; M	Emissão de gases de Efeito Estufa	IPCC
2013	Itália	Guerci et al.	Berço ao portão da fazenda	kg FPCM	E	Mudanças Climáticas, Acidificação, Uso de Energia não renovável, eutrofização e ocupação do solo	IPCC (2006) EEA (2009)
2013	França	Nguyen et al.	Berço ao portão da fazenda	kg FPCM	BF; P; E	Mudanças Climáticas, Acidificação Demanda de energia acumulada, eutrofização e ocupação do solo	CML
2013	Noruega	Roer et al. 2013	Berço ao portão da fazenda	Kg FPCM	E	Mudanças Climáticas, Depleção Fóssil, Eutrofização de água doce, Toxicidade Humana, Ecotoxicidade de água doce, Ecotoxicidade marinha, Eutrofização marinha, Depleção do	ReCiPe

						ozônio, Ocupação de terras agrícolas, Formação de oxidantes fotoquímicos, Acidificação terrestre Ecotoxicidade terrestre	
2012	Canadá	Geough et al.	Berço ao portão da fazenda	kg FPCM	E; F	Emissão de GEE	Holos
2012	Itália	Fantin et al.	Berço ao portão do laticínio	kg FPCM	E; M	Mudanças Climáticas Acidificação Eutrofização	CML

S: Sem Alocação; E: Alocação Econômica; M: Alocação Mássica; F: Alocação Física; B: Alocação Biológica; BF: Alocação Biofísica; P: Alocação Protéica.

A partir do Quadro 04 é possível notar que com relação à fronteira do sistema, estudos do berço ao portão da fazenda são os mais comuns, pois, segundo Gerber et al. (2010), 78 a 83% das emissões do setor de produtos lácteos na Europa, América do Norte e Oceania são geradas nesta fase. Outro fator comum na maioria dos artigos apresentados no Quadro 04 é a Alocação Econômica entre os subprodutos, tais como leite e carne. Entretanto, Pelletier e Tyedmers (2011) argumentam que a Alocação Econômica não é adequada, já que o preço de mercado não reflete as preocupações ambientais. Ainda com relação à alocação, O'Brien et al. (2014) destacam que, dependendo do método escolhido para alocar as emissões entre o leite e a carne, a diferença relativa entre as pegadas de carbono dos sistemas em confinamento e a base de pasto pode variar de 3 à 22%.

A maioria dos trabalhos no Quadro 04 apresentam as mesmas categorias de impacto tais como Mudanças Climáticas, por vezes também representado como pegada de carbono ou emissão de gases de efeito estufa (a depender do método de avaliação de impacto adotado), além da Acidificação e Eutrofização, Uso da terra e de Depleção de Recursos Abióticos. Por fim, destaca-se ainda, o elevado número de trabalhos com foco nas emissões atmosféricas, tal fato pode ser explicado em decorrência da alta contribuição das atividades agropecuárias para o aumento de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Segundo Slade et al. (2016), os gases de efeito estufa são os maiores contribuintes para o aquecimento global e as alterações climáticas. Além disso, estima-se que as emissões de GEE provenientes da agricultura e

associadas à mudança no uso da terra contribuíram com 30% das emissões antropogênicas globais em 2010 (SLADE et al., 2016). Desse total de emissões, a produção de gado contribui com cerca de dois terços (Figura 5a), com emissões diretas que emanam principalmente da fermentação entérica bovina (Figura 5b). Estima-se ainda que a produção de carne e leite seja responsável por 60% das emissões totais de produção agropecuária (Figura 5c).

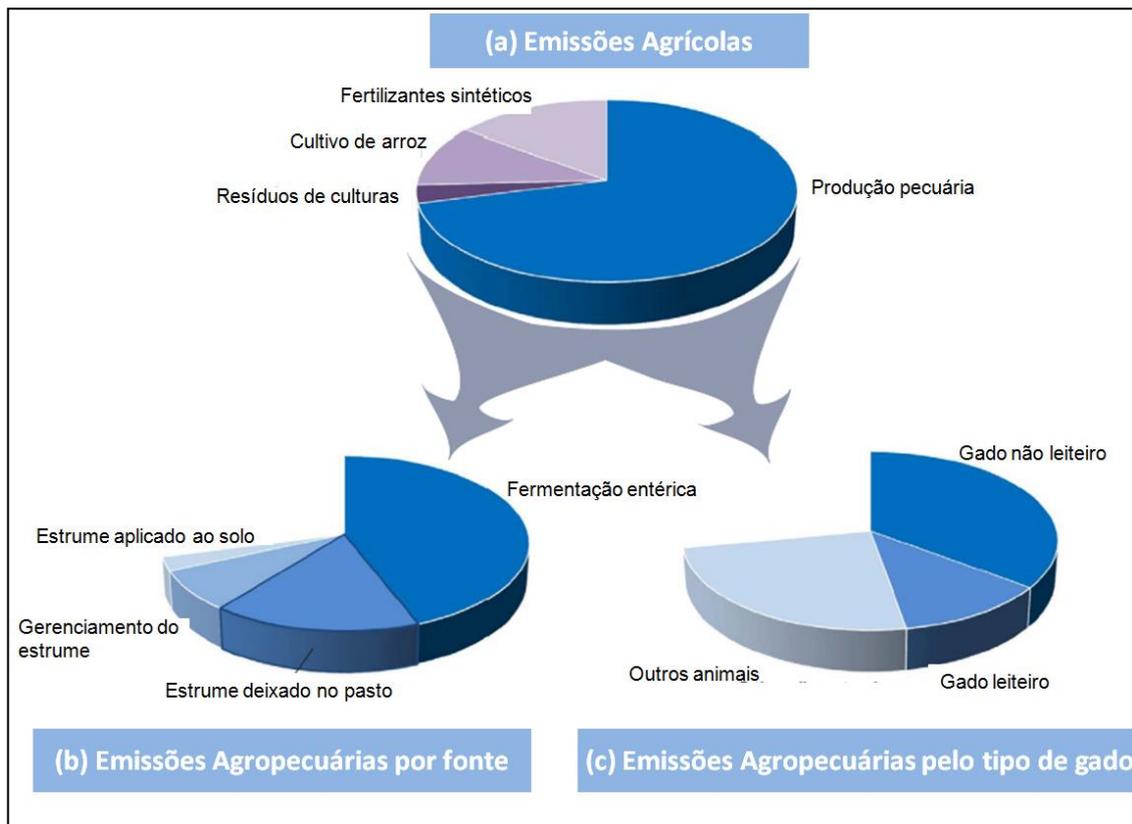


Figura 05: Contribuições globais para as emissões diretas de GEE pela agricultura.

(a) Contribuições para todas as emissões agrícolas diretas com as emissões da produção pecuária dividida em duas formas alternativas:

(b) de acordo com os diferentes tipos de emissões e

(c) diferentes tipos de gado.

Fonte: Slade et al. (2016)

O metano (CH_4) produzido a partir da fermentação entérica é considerado uma das principais causas de produção GEE globalmente. A produção de CH_4 é parte do processo digestivo dos herbívoros ruminantes e ocorre no rúmen. A fermentação que ocorre durante o metabolismo dos carboidratos do material vegetal ingerido é um processo anaeróbio efetuado pela população microbiana ruminal, que converte os carboidratos celulósicos em ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácidos acético, propiônico e butírico. Nesse processo digestivo, parte do carbono é concomitantemente transformada também em CO_2 . A emissão

de CH₄ varia entre 4% e 9% da energia bruta do alimento ingerido, e a média encontrada é de 6% (PRIMAVESI et al., 2004; CAFFREY e VEAL, 2013).

A pecuária, em particular os herbívoros ruminantes, constitui uma fonte importante de emissões de metano em uma escala mundial, contribuindo globalmente com 80 teragramas (80x10¹²g) de metano por ano para a atmosfera, equivalendo a 22% das fontes antrópicas de metano representando cerca de 3,3% do total dos gases de efeito estufa (PEDREIRA e PRIMAVESI, 2011).

Segundo MCTI (BRASIL, 2010b), o óxido nitroso (N₂O) é um gás de efeito estufa cuja concentração na atmosfera continua aumentando a uma taxa de 0,26% ao ano. Acredita-se que a tendência de aumento das concentrações de N₂O irá continuar nas próximas décadas, principalmente pela tendência de expansão da área agrícola nos países em desenvolvimento, aos quais se associa o crescente consumo de fertilizantes nitrogenados (Smith et al., 2007; Zhang e Zhang, 2006). A agricultura é a atividade responsável por mais de 60% das emissões de N₂O para a atmosfera, o que está relacionado ao aumento das formas inorgânicas de nitrogênio no solo por ação antropogênica. As emissões diretas de N₂O ocorrem pela adição aos solos de fertilizantes sintéticos e esterco animal, pelo cultivo de plantas fixadoras de N₂, pela incorporação no solo de resíduos de colheita e pela mineralização de nitrogênio associada ao cultivo de solos orgânicos. As emissões indiretas de N₂O são calculadas da porção do N adicionado aos solos como fertilizantes e esterco, que é volatilizada como NH₃ e NO_x, e daquela perdida por lixiviação. Também devem ser reportadas como emissões de N₂O de solos agrícolas aquelas diretas e indiretas provenientes da deposição de excretas (fezes e urina) de animais em pastagens (BRASIL, 2010b).

Os fatores de emissão fornecem um indicativo da quantidade de gases do efeito estufa que são emitidos a partir de uma determinada fonte ou atividade e podem ser obtidos através dos métodos desenvolvidos pelo IPCC (2006a,b) que considera diversas categorias animais, tais como animais ruminantes (gado de leite, gado de corte, búfalos, ovelhas e cabras) e animais não-ruminantes (cavalos, mulas, asnos e suínos). Existem várias formas para estimar as emissões, que são diferenciadas de acordo com a sua precisão e detalhes. A abordagem mais simples é denominada como “Tier 1” (onde são utilizados fatores de emissão normalizados da literatura). Abordagens mais detalhadas, onde informações sobre o país ou informações individuais são utilizadas, são denominadas, respectivamente, como “Tier 2” e “Tier 3”.

É possível notar pelos trabalhos acima a importância das contribuições provenientes do uso da ACV, para a obtenção de resultados efetivos relativos à produção de leite e sua relação

com os possíveis danos ambientais. Entretanto, um dos impasses na utilização de alguns trabalhos de ACV como referência ou em comparativos para um novo estudo é a ampla variação existente na condução dos trabalhos. Para Beauchemin e McGeough (2014), enquanto que a ACV pode ser usada para comparar o desempenho ambiental dos produtos manufaturados, tal comparação pode ser muito enganosa para produtos agropecuários. A complexidade dos sistemas agropecuários, combinada com as diferenças nas metodologias de estimativa do impacto ambiental do sistema agrícola entre os estudos torna difícil comparar o desempenho ambiental da produção pecuária nos sistemas de produção animal utilizados em todo o mundo. Ainda de acordo com os autores supracitados, a produção animal está estritamente relacionada com o meio ambiente e a ACV pode ser uma forma útil de avaliar os impactos da produção.

No caso da avaliação da produção de leite através de uma ACV, diversos fatores poderão sofrer variações, a depender de como o estudo é conduzido, onde ele foi aplicado, dos dados e equipamentos disponíveis, entre outros. Dentre tais variações, citam-se, por exemplo, a escolha da unidade funcional, podendo esta ser em litro de leite, ou quilograma ou tonelada de leite corrigido pela energia (ECM), ou ainda quilograma ou tonelada de leite corrigido pelo teor de gordura e proteína (FPCM), presente na maior parte dos estudos apresentados no Quadro 04, ou até mesmo o escopo do estudo, alguns trabalhos avaliam a produção apenas até o portão da fazenda, outros incluem a fase de industrialização do leite nos laticínios e há também estudos mais abrangentes que realizam a análise até a etapa de consumo. Ainda no tocante ao escopo do estudo, o transporte também é um fator passível de variação, onde alguns autores o incluem, enquanto que outros não. Diante de tantas variedades, torna-se complexo utilizar dados ou soluções encontradas em algumas pesquisas. Porém, é válido salientar que ainda assim, tais fatores não deslegitimam o potencial da metodologia para obtenção de resultados satisfatórios na identificação de impactos ambientais e de formas de mitigação.

4 METODOLOGIA

A pesquisa realizada com este trabalho classifica-se, quanto à natureza, como aplicada e quanto à abordagem do problema, como qualitativa e quantitativa. Com relação aos objetivos, esta pesquisa pode ser classificada como exploratória, descritiva e explicativa. Para o local de estudo, uma fazenda produtora de leite bovino foi definida como modelo representativo, devido ao seu volume de produção e nível de tecnologia superiores em relação às demais propriedades existentes na região.

Dentre os procedimentos que foram realizados na execução do projeto citam-se:

- A pesquisa bibliográfica e documental, elaborada durante todo o período de estudo, sendo efetuada em bases de dados nacionais e internacionais.

- A coleta de dados foi iniciada com a caracterização da propriedade e do sistema produtivo em que o experimento foi realizado. No caso da caracterização da propriedade identificou-se

- O tamanho da propriedade;
- A produtividade;
- O rebanho; e
- O sistema de produção.

Com relação à caracterização do sistema produtivo, esta foi efetuada através da identificação do tipo de alimentação fornecida ao rebanho, das entradas, tais como os insumos utilizados, recursos naturais, equipamentos, dentre outros, bem como das saídas, como a produção (produtos e coprodutos), a geração de resíduos sólidos, efluentes e emissões atmosféricas.

Para a caracterização da propriedade e do sistema de produção foram realizadas visitas *in loco* bem como entrevistas não-estruturadas com o produtor rural e com os auxiliares da produção responsáveis pelo setor de ordenha e pelo maquinário da fazenda. No caso da impossibilidade da obtenção de dados primários para a caracterização do sistema foram utilizados dados secundários provenientes das bibliotecas de inventário,ecoinvent v3 e LCA Food, disponíveis no software SimaPro®, versão 8.0.5.13 (Prè Consultant, 2015). O SimaPro® também foi utilizado na Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida do leite.

Além das iniciativas previamente citadas, os dados relativos ao financeiro da propriedade foram consultados para quantificar os itens adquiridos para a produção. Dentre tais itens estão contidos:

- Insumos para alimentação animal (concentrados, itens para silagem, sal mineral);
- Defensivos agrícolas (pesticidas, herbicidas, inseticidas, formicidas);
- Carrapaticidas e vermicidas para os animais;
- Materiais de limpeza;
- Utensílios e materiais para inseminação artificial;
- Operações Agrícolas; e
- Medicamentos.

No caso dos medicamentos, destaca-se que apesar de serem quantificados para a elaboração do inventário, foram desconsiderados na avaliação de impacto, pois, seus componentes não foram identificados para inserção no SimaPro®. Além disso, destaca-se também como um outro critério para desconsideração dos medicamentos na avaliação de impacto sua relevância quando em comparação com outros insumos no que tange à massa utilizada.

As contas de energia elétrica foram utilizadas para calcular o consumo do período estudado em kWh, sendo considerados o consumo de energia durante a ordenha, uso do misturador de ração e das duas bombas utilizadas para a captação de água. No caso do consumo de água para a dessedentação animal, foi estimado considerando a quantidade de animais presentes em cada categoria conforme recomendações da Embrapa (2001). O consumo de combustível necessário às operações agrícolas efetuadas na propriedade foi simulado no SimaPro®, levando em consideração o tempo de funcionamento do equipamento (trator), bem como a área a ser trabalhada.

Os insumos para a alimentação animal (concentrados, sal mineral e aditivos) foram considerados conforme sua composição, constituída por carboidratos, proteínas, micro e macro minerais que foram contabilizados e inseridos no SimaPro®.

Os defensivos agrícolas utilizados (pesticidas, inseticidas, herbicidas, dentre outros), bem como carrapaticidas e vermicidas foram reduzidos à seus componentes para inserção no SimaPro®, sendo citados principalmente compostos organofosforados, piretróides, piridinas, e derivados do benzimidazol, no caso dos vermicidas. Foram consideradas também as contribuições dos processos de fertilização, irrigação, ordenha, dentre outros, bem como a geração de resíduos, efluentes e emissões, para as categorias de impacto ambiental

selecionadas e obtidas pela análise através do método utilizado (ReCiPe Midpoint - SimaPro®, Prè Consultant, 2015), conforme descrito abaixo:

- Ordenha: Inserido no SimaPro® como o processo “milking” que considera os impactos ambientais provenientes do processo de ordenha por kg de leite ordenhado.

Além disso, também foram modelados no SimaPro® o consumo de água durante a ordenha, que foi quantificado durante as visitas ao setor. Para cálculo das vazões das mangueiras usadas na sala de ordenha procedeu-se conforme descrito por Willers et al., (2014).

As visitas também serviram para quantificar os agentes de limpeza utilizados, bem como o consumo de energia elétrica do resfriador de leite (utilizado no armazenamento do leite ordenhado, para mantê-lo em temperatura adequada) e do aquecedor de água (usado no aquecimento de água para higienização da ordenhadeira mecânica e utensílios).

- Fertilização: Os fertilizantes utilizados foram quantificados e divididos para a produção de leite considerando que a fertilização é realizada anualmente, evitando-se assim uma superestimativa dos impactos do uso de fertilizantes na produção. Para a simulação das operações agrícolas realizadas na produção de pastagens utilizou-se no SimaPro® o processo “Fertilising” de acordo com a área total (em ha) a ser trabalhada.

O transporte dos insumos até a fazenda foi simulado no SimaPro® considerando a distância de centro de distribuição à fazenda, a quantidade de viagens realizadas bem como o tipo de veículo utilizado, neste caso uma caminhonete. Já o transporte do leite até o laticínio foi simulado considerando que é realizado com um caminhão tanque de aço inox isotérmico, onde o leite é coletado a cada dois dias. Além disso, a distância entre a fazenda e o laticínio também foi levada em consideração. É válido salientar que tanto para o transporte de insumos, quanto para o transporte de leite ordenhado, os trajetos foram divididos para que fossem simulados no SimaPro® por litro de leite produzido.

Destaca-se que o inventário foi realizado conforme o que é preconizado pela ISO 14040 (2006) e teve as seguintes premissas:

4.1 Objetivo e escopo

O Objetivo foi realizar a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida do leite produzido em uma propriedade do Território de Identidade Médio Sudoeste da Bahia, através da associação de dados do inventário com categorias de impacto ambiental.

Função: A função analisada foi a produção de leite cru refrigerado.

Unidade Funcional (UF): 1 kg FPCM (1 quilograma de leite corrigido pelo teor de proteína e gordura). A Equação 01 (IDF, 2010) foi utilizada para a conversão. Tal escolha se deu, pois, segundo o IDF (2010), a utilização do FPCM como unidade funcional assegura a comparação entre fazendas com rebanhos e manejos alimentares diferentes.

$$kgFPCM = PL * [(0,1226 * \%G) + (0,0776 * \%P) + 0,2534] \quad \text{Equação 01}$$

Onde:

PL é o valor da produção de leite, em kg;

%G representa o percentual de gordura por kg de leite; e

%P representa o percentual de proteína por kg de leite.

Fronteira do Sistema: cradle to gate (do berço ao portão da fazenda) considerando as delimitações geográficas da propriedade rural;

Sistema de Produto: Para a avaliação do processo produtivo, todas as entradas e saídas das unidades de processo que compõem o sistema de produto (Figura 06) foram quantificadas e estão apresentadas no Apêndice A. Entradas como área construída e máquinas foram desconsideradas da avaliação de impacto de ciclo de vida pela falta de dados.

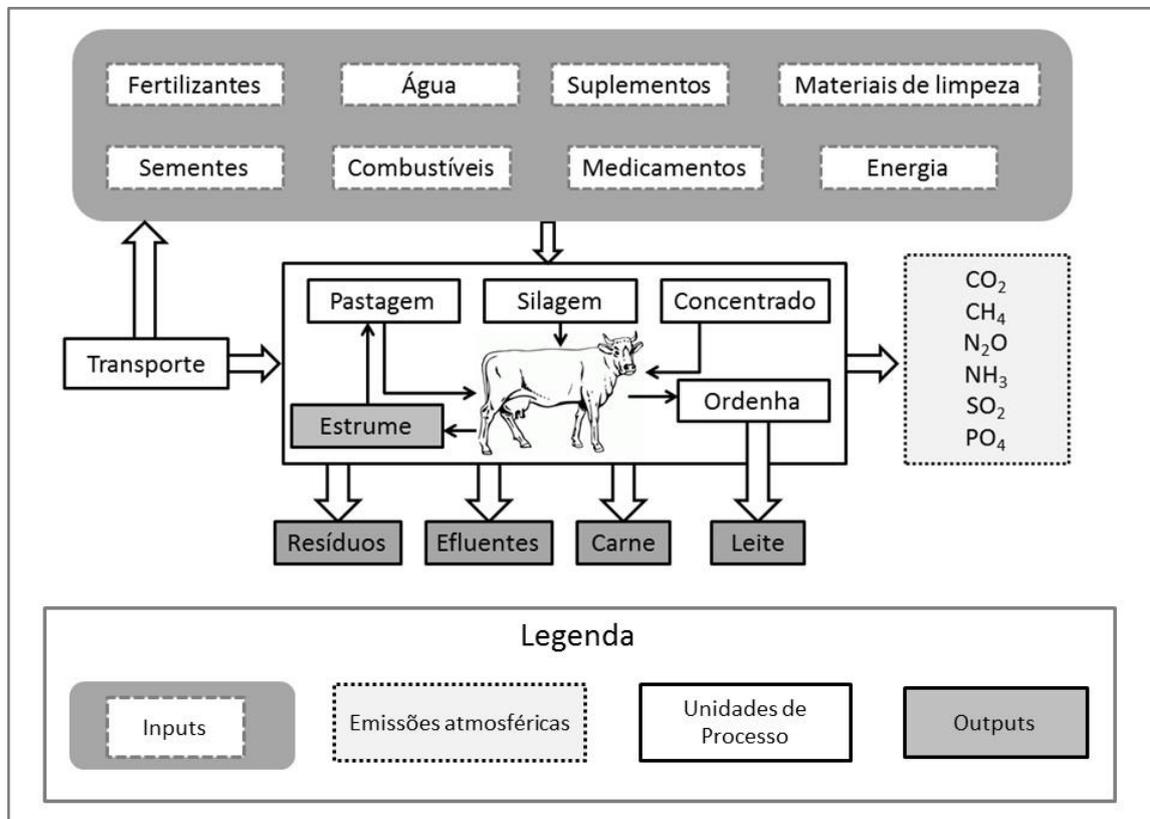


Figura 06: Sistema de produto.

Para a unidade de processo Pastagens foi considerado o consumo de sementes, adubo, água para irrigação, uso da terra, o transporte dos insumos, bem como as saídas provenientes: embalagens, emissões e o produto propriamente dito, neste caso, as pastagens, bem como o uso das máquinas agrícolas para o preparo do solo.

Para a unidade de processo Silagem, considerou-se o consumo de sementes (milho), fertilizantes, defensivos agrícolas e combustíveis, utilizados para abastecer as máquinas agrícolas necessárias ao corte e armazenamento da produção. Foi também identificada a necessidade de transporte dos insumos para a produção de silagem até a fazenda avaliada, bem como o transporte da silagem dentro da fazenda, para a distribuição aos animais.

Com relação ao Concentrado utilizado para a complementação alimentar do rebanho, considerou-se como entrada o volume de concentrados e aditivos minerais adicionados à mistura, bem como o consumo de energia elétrica necessário para o funcionamento do misturador de ração. A matriz energética considerada foi de acordo com a base de dados do Ecoinvent®, em que o sistema de distribuição pública para o Brasil é formado por 84% de energia de origem hídrica, 2% de origem termelétrica e os 14% restantes a partir de outras fontes.

Para a Produção de Leite na UF adotada, foram considerados os consumos de pastagem, concentrado, silagem, água para dessedentação animal, sal mineral. É válido salientar que por ser um sistema multifuncional, a produção de leite também possui produção de carne. A carne produzida é devido ao nascimento de bezerros machos e do descarte das vacas leiteiras ao final do seu ciclo de vida, os quais foram alocados juntamente à produção de leite.

Depois de realizado o diagnóstico das unidades de processo que compõem o sistema de produto, foram realizadas as considerações para a modelagem dos insumos necessários. Em seguida, todos os insumos foram divididos, de acordo com sua composição e organizados por categoria para o lançamento dos dados no SimaPro®, conforme apresentado no Apêndice B, para proceder a Avaliação de Impactos do Ciclo de Vida.

4.2 Alocação

4.2.1 Alocação Econômica

Para realizar a atribuição da carga ambiental da produção entre o leite e a carne proveniente do nascimento de bezerros machos e das vacas ao final do ciclo produtivo foi considerado o valor econômico de tais produtos, a quantidade média de partos por vaca

durante toda sua vida e a probabilidade de nascimentos de bezerros machos que são vendidos para a produção de carne Equação 02 (Olszensvski, 2011):

$$\text{Peso de Carça} = 50\% \text{ do peso vivo} \text{ Equação 02}$$

A carça, composta por carne e osso, representa aproximadamente 50% do peso vivo do animal, enquanto que a outra metade do peso vivo do animal é atribuída para o couro, sebo, sangue bem como a soma de todos os outros miúdos e do material ruminal (NOGUEIRA, 2010; OLSZENSVSKI, 2011). A Equação 02 foi utilizada para o cálculo da produção de carne proveniente de bezerros machos e vacas ao final do ciclo produtivo, sendo obtido como resultado final o somatório proveniente dessas duas fontes.

Para o cálculo da produção total de leite para toda a vida de uma vaca leiteira as seguintes considerações foram realizadas (SANTOS et al., 2002; OLSZENSVSKI, 2011):

- A quantidade média de gestações de uma vaca ao longo de toda sua vida, admitindo-se que o primeiro parto ocorre aos 28 meses de vida, tempo máximo recomendado para a primeira parição;
- O período de seca recomendado para os animais é de 60 dias anteriores ao parto;
- Durante todo período de vida, uma vaca reproduz em média por sete vezes, produzindo leite por aproximadamente 85 meses;

Além disso, considerou-se também a média mensal de produção de leite na fazenda estudada conforme Equação 03 (OLSZENSVSKI, 2011):

$$PL = MesP * MedP(l|mês) \text{ Equação 03}$$

Onde:

- **PL** é a produção total de leite durante todo o ciclo produtivo da vaca leiteira (em litros);
- **MesP** é a quantidade total de meses de produção de leite durante o ciclo produtivo (85 meses); e
- **MedP** é a média de produção de leite de uma vaca em litros por mês, obtida da fazenda em estudo.

Por fim, os resultados provenientes da produção de carne e leite foram multiplicados pelos seus respectivos valores de venda obtidos a partir da Estatística da Produção Pecuária

do IBGE (IBGE, 2015) referentes ao período de abrangência dos dados coletados na fazenda em que o estudo foi realizado. Os fatores de alocação econômica para a carne e leite foram obtidos a partir das Equações 04 e 05, respectivamente, conforme Olszensvski (2011).

$$AC(\%) = \frac{(VC * 100\%)}{Renda\ animal} \quad \text{Equação 04}$$

Onde:

- **AC** é o percentual dos impactos ambientais para a produção de carne;
- **VC** é o valor da carne (em kg); e
- **Renda animal** é a soma dos valores obtidos com a produção de leite durante todo o ciclo produtivo da vaca (aproximadamente 85 meses de produção leiteira) juntamente com a renda proveniente da venda de carne quando o animal não está mais apto à produção e é encaminhado ao abate, bem como da carne proveniente do nascimento de bezerros machos por vaca.

$$AL = \frac{VL * 100\%}{Renda\ Animal} \quad \text{Equação 05}$$

Onde:

- **AL** é o percentual dos impactos ambientais para a produção de leite;
- **VL** é o valor do leite (em l); e

4.2.2 Alocação Física

Para a repartição entre o total de emissões atmosféricas entre a carne e o leite, a Alocação Física é a mais adequada, pois reflete o uso subjacente de energia alimentar, bem como as necessidades fisiológicas do animal (IDF, 2010). Dessa forma, neste trabalho a Alocação Física foi utilizada para distribuir as emissões atmosféricas entre a produção de leite e carne.

O fator de Alocação Física para o leite e a carne foi calculado de acordo com a Equação 06 (IDF, 2010):

$$FA = 1 - 5,7717 * R \quad \text{Equação 06}$$

$$R = \frac{Soma_{carne}}{Soma_{leite}} \quad \text{Equação 07}$$

Onde:

- **FA** é o fator de alocação para o leite; e
- **R** é a relação entre a soma do peso vivo de todos os animais vendidos para o abate, incluindo bezerros machos e da vaca ao final do ciclo produtivo ($Soma_{carne}$), e a soma da venda de leite ($Soma_{leite}$) produzido durante todo o ciclo produtivo da vaca (aproximadamente 85 meses de produção leiteira) em kgFPCM (Equação 07 – IDF, 2010):

4.3 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida

A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida foi realizada utilizando o software SIMAPRO®, versão 8.0.5.13 (Prè Consultant, 2015), sendo selecionado o método ReCiPe, Midpoint. O método possui dezessete categorias de impacto ambiental, das quais foram selecionadas as mais relevantes para o estudo em questão, as quais também são as mais utilizadas nos trabalhos científicos recentes que estudaram os impactos da produção de leite (Bacenetti et al. 2016; Léis 2013; Olszensvski, 2011). Estas categorias são: Mudanças Climáticas (em kgCO₂eq), Acidificação Terrestre (medida em gSO₂eq), Ocupação de Terras Agrícolas (em m²ano), Depleção Fóssil (kgoileq) e Eutrofização de Água Doce, que pelo ReCiPe é fornecida em kgPeq mas que para a comparação com os demais trabalhos (que utilizaram o método CML), foi convertida para kgPO₄eq através da equação fornecida por Oram (2016) Equação 08:

$$[PO_4] = [P] \left(\frac{94,93}{30,97} \right) \quad \text{Equação 08}$$

Onde:

- **[PO₄]** é a concentração de fosfato; e
- **[P]** é a concentração de fósforo

No intuito de verificar as possíveis variações nos resultados finais para as categorias de impacto avaliadas de acordo com a escolha do método de alocação, uma análise de sensibilidade foi realizada.

4.4 Fatores de emissão

Neste trabalho foram consideradas as emissões de metano provenientes da fermentação entérica e do gerenciamento do estrume (que na fazenda em que o estudo se realizou não é manejado, sendo depositado no solo conforme é produzido), bem como as emissões de óxido nitroso resultantes do gerenciamento dos dejetos animais e do uso de fertilização nitrogenada com a aplicação da ureia na pastagem. Os resultados obtidos para os fatores de emissão, através dos manuais do IPCC (2006a,b), foram inseridos no SimaPro® para que também pudessem estar contidos na Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida.

Para obtenção dos fatores de emissão de metano (CH₄) provenientes da fermentação entérica, bem como do manejo dos dejetos foi utilizado o método “Tier 2” contido no décimo capítulo do quarto volume das Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC): *Agriculture, Forestry and Other Land Use – Emissions From Livestock and Manure Management* (IPCC, 2006a).

Em decorrência de não haver o manejo do estrume na fazenda estudada, o capítulo 11 (*Agriculture, Forestry and Other Land Use - N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application* (IPCC, 2006b)), do volume 4 foi utilizado para estimar as emissões de óxido nitroso (N₂O)

Além das equações do IPCC, os relatórios de referência do Ministério de Ciência Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2010 a,b) foram utilizados na obtenção das estimativas nacionais para a realização dos cálculos, já que as que são apresentadas pelo IPCC são para toda a América Latina. A seguir são apresentadas as equações que foram utilizadas para os cálculos dos fatores de emissão.

4.4.1 Fermentação Entérica

Os fatores de emissão de metano gerados pela fermentação entérica para cada uma das categorias animais (vacas, novilhas, bezerras) são apresentados pela Equação 09 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a):

$$FE_{FE} = \frac{EB * Y_m * 365}{55,65MJ/kgCH_4} \text{ (kg/cabeça/ano) Equação 09}$$

Onde:

- **FE_{FE}** é o fator de emissão de metano pela fermentação entérica;
- **EB** é a ingestão de Energia Bruta; e

- **Y_m** é a taxa de conversão do metano (0,06).

A Equação 10 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a) foi utilizada para o cálculo da ingestão de energia bruta (EB) para cada categoria animal:

$$EB = \left[\frac{(NE_m + NE_a + NE_l + NE_t + NE_g)}{RND} + \left(\frac{NE_c}{RND_c} \right) \right] \left(\frac{100}{DE} \right) \text{Equação 10}$$

Onde:

- **NE_m** é a energia necessária para a manutenção;
- **NE_a** é a energia necessária para a atividade;
- **NE_l** é a energia necessária para a lactação;
- **NE_t** é a energia necessária para o trabalho, calculada apenas para os animais de tração, considerada para as categorias animais deste trabalho como zero;
- **NE_g** é a energia necessária para a gestação;
- **NE_c** é a energia necessária para o crescimento;
- **RND** é a razão da energia líquida, consumida para manutenção, lactação, trabalho e gestação, para a energia digerível consumida;
- **RND_c** é a razão entre a energia líquida consumida para o crescimento e a correspondente energia digerível consumida; e
- **DE** é a Digestibilidade do alimento fornecido.

Para o gado de leite, a energia requerida para a manutenção (**NE_m**) é apresentada pela Equação 11 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a):

$$NE_m = 0,335(W)^{0,75} (MJ/cabeça/dia) \quad \text{Equação 11}$$

Onde:

- **W** é o peso do animal (kg) (Tabela 02);

A energia líquida necessária para a atividade (**NE_a**) é avaliada como uma parte da energia requerida para a manutenção, conforme observado pela Equação 12 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a):

$$NE_a = 0,17NE_m(MJ/cabeça/dia) \quad \text{Equação 12}$$

Para o cálculo da energia líquida necessária para a lactação (NE_l) a Equação 13 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a) foi utilizada:

$$NE_l = PL(1,47 + (0,40 * \%G))(MJ/cabeça/dia) \quad \text{Equação 13}$$

Onde:

- **PL** é a produção de leite (kg/cabeça/dia); e
- **%G** é o percentual de gordura do leite (4,3% conforme relatório BRASIL, 2010).

A energia líquida necessária para a gestação (NE_g) é representada como uma fração da energia líquida necessária para a manutenção e pôde ser obtida através da Equação 14 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a):

$$NE_g = 0,075NE_m \left(\frac{PR}{100} \right) (MJ/cabeça/dia) \quad \text{Equação 14}$$

Onde:

- **PR** é a taxa de prenhez (%) (Tabela 02).

A energia líquida necessária para o crescimento (NE_c) é avaliada apenas para os bovinos jovens e foi obtida através da Equação 15 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a):

$$NE_c = 4,18[(0,035(W)^{0,75}(WG)^{1,119}) + WG](MJ/cabeça/dia) \quad \text{Equação 15}$$

Onde:

- **W** é o peso do animal;
- **WG** é o ganho de peso do animal jovem (kg/cabeça/dia)

Os Valores de RND e RND_c foram obtidos pelas Equações 16 e 17 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a) respectivamente:

$$RND = 0,298 + (0,0035 * DE) \quad \text{Equação 16}$$

$$RND_c = -0,036 + (0,00535 * DE) \quad \text{Equação 17}$$

Tabela 02 Dados do rebanho leiteiro nacional

Região	Raças Predominantes	Peso Vivo	Digestibilidade	Taxa de Prenhez	Consumo médio de alimento	Teor de gordura
		kg	%	%	kg	%
Norte	Mestiças (Gir + Holan.)	400	55	55	7,9	4,3
Nordeste	Mestiças (Gir + Holan.)	400	55	55	7,9	4,3
Sudeste	Mestiças (Gir + Holan.)	400	57	60	7,9	4,3
Sul	Européias (Holan., Jersey)	414	60	60	9,9	3,5
Centro Oeste	Mestiças (Gir + Holan.)	400	56	60	7,9	4,3

Fonte: BRASIL (2010)

4.4.2 Manejo de Esterco

Para o cálculo dos fatores de emissão de metano provenientes do manejo dos dejetos animais (FE_{ME}) a Equação 18 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a) foi utilizada, sendo calculada para cada uma das categorias animais avaliadas (vacas, novilhas e bezerras).

$$FE_{ME} = EDsv * BOi \sum \left(\frac{MCF * MS}{10^4} \right) * 365 \left(\frac{dias}{ano} \right) * 0,67 \left(\frac{kgCH_4}{m^3CH_4} \right) (kg/cabeça/ano)$$

Equação 18

Onde:

- **EDsv** é a excreção diária média de sólidos voláteis, por animal, para cada categoria (kg/cabeça/dia);

- **BOi** é a capacidade máxima de produção de metano para os dejetos produzidos pelo animal ($m^3 CH_4/kg$). Para o gado leiteiro, foi utilizado o valor padrão (IPCC, 2006a) para países em desenvolvimento ($0,13 m^3 CH_4/kg$);

- **MCF** é o fator de conversão de metano para o sistema de manejo de dejetos, considerando o clima da região (2,0% conforme IPCC, 2006a);

- **MS** é a fração de animais por categoria, relacionada ao sistema de manejo de dejetos na região.

A excreção diária média de sólidos voláteis ($EDsv$), em kg matéria seca (MS)/dia, é obtida pela Equação 19 (IPCC, 2006a; BRASIL, 2010a):

$$ED_{sv} = EB \left(\frac{1 \text{ kg de MS}}{18,45 \text{ MJ}} \right) \left(\frac{1 - De}{100} \right) \left(\frac{1 - ASH}{100} \right) \quad \text{Equação 19}$$

Onde:

- **EB** é a ingestão diária média de energia bruta (MJ/cabeça/dia);
- **DE** é a taxa de digestibilidade do animal (%); e
- **ASH** é a fração do conteúdo de cinzas nos dejetos produzidos pelo animal, foi utilizado o valor padrão (IPCC, 2006a) (8%).

4.4.3 Emissões diretas de Óxido Nitroso (N₂O)

As emissões diretas de N₂O ocorrem pela adição aos solos de fertilizantes sintéticos (FSN) e esterco animal (FAM), pelo cultivo de plantas fixadoras de N₂ (FBN), pela incorporação no solo de resíduos de colheita (FCR), e pela mineralização de nitrogênio associada ao cultivo de solos orgânicos (FOS). Em síntese, as emissões diretas de N₂O de solos agrícolas pelo “Tier 1” são calculadas pela Equação 20 (IPCC, 2006b; BRASIL, 2010b):

$$N - N_2O = [(F_{SN} + F_{AM} + F_{BN} + F_{CR})FE_1] + (F_{OS} + FE_2) \quad \text{Equação 20}$$

Onde:

- **N- N₂O** é a emissão direta anual de N₂O de solos agrícolas;
- **F_{SN}** é a quantidade anual de Nitrogênio (N) como fertilizante nitrogenado aplicada ao solo, descontadas as quantidades de N que volatilizam como NH₃ e NO_x;
- **F_{AM}** é a quantidade anual N em esterco animal, intencionalmente aplicada ao solo, descontadas as quantidades de N que volatilizam como NH₃ e NO_x;
- **F_{BN}** é a quantidade de N fixado biologicamente por culturas a cada ano;
- **F_{CR}** é a quantidade de N em resíduos de colheita que retornam anualmente ao solo;
- **F_{OS}** é a área de solos orgânicos cultivada anualmente;
- **FE₁** é o fator de emissão direta de N₂O aplicado as quantidades de N adicionadas aos solos (F_{SN}, F_{AM}, F_{BN} e F_{CR}), em kg N-N₂O por kg N adicionado;
- **FE₂** é o fator de emissão direta de N₂O de solos orgânicos cultivados, em kg N-N₂O / ha.

Para ajustar as quantidades de N como fertilizante, aplicadas ao solo, em função das quantidades volatilizadas de NH₃ e NO_x, para obtenção de F_{SN}, utilizou-se a Equação 21 (IPCC, 2006b; BRASIL, 2010b):

$$F_{SN} = N_{Fert} * (1 - FRAC_{GASF}) \quad \text{Equação 21}$$

Onde:

- **FRAC_{GASF}** é a fração do N aplicado que volatiliza na forma de NH₃ e NO_x: 10%, valor padrão, de acordo com o IPCC (2006b).

A quantificação do total de N na forma de dejetos aplicados ao solo como adubo foi obtida através da Equação 22 (IPCC, 2006b; BRASIL, 2010b):

$$F_{AM} = \sum (N_{(t)} * Nex_{(t)}) * (1 - FRAC_{GASM}) * (1 - FRAC_{PRP}) \quad \text{Equação 22}$$

Onde:

- **T** é a categoria do rebanho;
- **N_(T)** é o número de animais por categoria;
- **N_{ex(T)}** o total de N excretado anualmente por animal de cada categoria;
- **FRAC_{GASM}** é a fração do N adicionado que é perdida por volatilização de NH₃ e NO_x (Valor padrão segundo o IPCC (2006b) é 0,20); e
- **FRAC_{PRP}** é a fração do N total excretado pelos animais diretamente em pastagens.

A emissão de N₂O dos dejetos depositados diretamente na pastagem (N₂O-N_(mm)) foi calculada pela Equação 23 (IPCC, 2006b; BRASIL, 2010b):

$$N_2O - N_{(mm)} = F_P * EF_3 \quad \text{Equação 23}$$

Onde:

- **F_P** é a quantidade anual de N excretado diretamente na pastagem; e
- **EF₃** é o fator de emissão direta para pastagens.

A quantidade de N que retorna anualmente ao solo com os resíduos agrícolas (F_{CR}) foi calculada pela Equação 24 (IPCC, 2006b; BRASIL, 2010b):

$$F_{CR} = 2 * [(Crop_O * FRAC_{NCR_O}) + (Crop_{BF} * FRAC_{NCR_{BF}})] * (1 - FRAC_R) * (1 - FRAC_{Burn})$$

Equação 24

Onde:

- **Crop** é a produção útil de todas as culturas na propriedade;

- **FRAC_{NCR}** é a fração do N da matéria seca;
- **FRAC_R** é a fração do N total acumulado pela planta removido com a colheita (0,50, segundo IPCC, 1996);
- **FRAC_{BURN}** é a fração do N total dos restos culturais que são queimados, baseado nos dados do Inventário das Emissões de CH₄ e N₂O pela queima de Resíduos Agrícolas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da propriedade

A fazenda onde este estudo foi realizado ocupa uma área de 67,8 hectares onde as instalações se constituem de sala de ordenha, sala de espera, estábulo, bezerreiro, fábrica de ração e residência para o vaqueiro. Há o cultivo de palma e de milho para a produção do volumoso e silagem. A produção de leite se caracteriza como um sistema a base de pasto, em pastejo rotacionado, onde a área de pastagem é dividida em 100 piquetes e são cultivadas três tipos de gramíneas (Tabela 03).

Tabela 03: Divisão da pastagem na propriedade estudada

Nome	Nome científico	Nº de piquetes
Capim – Mombaça	<i>Panicum maximum cv. Mombaça</i>	49
Capim Xaraés - MG5	<i>Brachiária brizantha</i>	21
Capim Tifton	<i>Cynodon Dactylon</i>	30
Total		100

A pastagem é periodicamente irrigada e adubada anualmente. Atualmente são onze hectares de área irrigada. A água é captada, através de duas bombas (120 e 130 cv), do rio Catolé, importante fonte hídrica para o município de Itapetinga e região. A adubação anteriormente (até o quinto mês do ano de 2015) era realizada com cloreto de potássio, nitrogênio (ureia) e super simples (16% a 18% de P₂O₅ e 18% a 20% de Cálcio). Entretanto, após uma análise do solo da região constatou-se não ser necessário o uso do cloreto de potássio na adubação.

Dentre o maquinário existente na propriedade, citam-se a ordenhadeira mecânica, o resfriador (que possui um volume nominal de 2.050 L e permanece ligado constantemente), um misturador de ração (500 kg), dois tratores, uma roçadeira hidráulica, uma calcareadeira, uma colhedora, bem como uma serra elétrica. Com exceção do resfriador, as demais máquinas não foram consideradas na avaliação de impacto. A energia utilizada na ordenha e para a captação de água é elétrica e é proveniente da companhia de fornecimento baiana.

5.2 Caracterização do rebanho

O rebanho constitui-se de animais da raça Girolando e mestiços com “grau de sangue” variando entre 1/2 e 3/4 Holandês. Atualmente, o rebanho é constituído de noventa vacas, sendo 52 (cinquenta e duas) vacas em lactação e 38 (trinta e oito) vacas secas, 18 (dezoito) novilhas (próximas ao período da primeira cria) e 20 (vinte) bezerras, com idade entre oito e dezoito meses. O primeiro parto é feito quando as novilhas chegam à idade aproximada de 28 meses e estão com peso médio de 400 a 450 kg. As vacas são inseminadas artificialmente e os bezerros machos são vendidos com aproximadamente 90 dias para propriedades vizinhas.

Além da divisão por idade do rebanho, há ainda uma divisão das vacas em lactação com relação ao tipo de alimento a elas oferecido, sendo dividido em grupos, onde, no primeiro grupo, as vacas com maior produção de leite (aproximadamente 21 indivíduos), além da pastagem, recebem a complementação alimentar com o fornecimento de concentrado a base de milho (aproximadamente 88 kg de concentrado por dia). No segundo grupo, as vacas com a produção de leite média têm sua alimentação baseada apenas na pastagem, sendo esta, dividida em piquetes. O terceiro grupo de vacas em lactação, que têm a menor produtividade de leite, são alimentadas com o resíduo da pastagem, sendo colocadas no piquete em que as vacas com produtividade média estiveram pastando anteriormente.

Atualmente a propriedade está arrendada, e antes do contrato, a produtividade de leite chegou a uma média de 1.200 litros de leite por dia. Neste período não existiam diferenças no manejo fornecido às vacas em lactação, e todas elas tinham a alimentação baseada na pastagem e no fornecimento de concentrado. Antes do arrendamento, algumas vacas com maior produtividade foram vendidas e durante a coleta de dados para o inventário a produção média de leite era de aproximadamente 970 litros por dia (6808,65 litros/vaca/ano).

5.3 Caracterização da ordenha

A ordenha é mecânica e realizada com quatro ordenhadeiras, duas vezes ao dia sendo efetuada por três funcionários. A primeira ordenha é realizada por volta das 5h00 e prossegue até as 7h00 e todas as vacas em lactação (52 vacas) são ordenhadas.

Para o início da ordenha, o rebanho de animais em lactação é dividido em vários grupos, cada grupo contendo quatro vacas. Inicialmente todo o rebanho é trazido do pasto e colocado na sala de espera, a seguir quatro vacas são levadas para a sala de ordenha. Cada vaca é então preparada para o início da ordenha, com uma limpeza inicial do úbere, onde as tetas são esterilizadas com iodo e secas com papel toalha. Ainda na preparação para o início da ordenha é realizado o teste de caneca e a aplicação endovenosa no úbere de cada vaca de 0,3 mL de

ocitocina, logo em seguida as teteiras são colocadas, iniciando a ordenha. Enquanto são higienizadas e ordenhadas, as vacas recebem no cocho concentrado e sal mineral. Após o início da ordenha no primeiro grupo de quatro vacas, outro grupo (também quatro vacas) é trazido da sala de espera para a sala de ordenha, iniciando a preparação desse novo grupo para a ordenha. Desta forma, na sala de ordenha sempre estão presentes oito vacas, onde quatro estão sendo ordenhadas e outras quatro estão sendo preparadas (Figura 07).



Figura 07: Disposição dos animais na sala de ordenha.

Todo o leite proveniente da ordenha é encaminhado da ordenhadeira mecânica para o resfriador, onde permanece até quando é enviado ao laticínio. A coleta de leite é realizada pelo laticínio a cada dois dias. Ao final da ordenha um grupo de vacas vai para o pasto, enquanto que as vacas com maior produtividade vão para o cocho para o fornecimento de concentrado (Figura 08).



Figura 08: Vacas com maior produtividade recebendo complementação alimentar com concentrado.

Para a higiene da ordenhadeira mecânica, logo ao início do processo de ordenha são postos 40 litros de água para ferver com o aquecedor de água (30 litros para limpeza interna da ordenhadeira mecânica e 10 litros para preparar o alimento dos bezerros). Ao final da ordenha, a ordenhadeira mecânica é desconectada do resfriador e posta para sugar 32 litros de água fria, provenientes da captação no rio, para uma limpeza interna preliminar. Enquanto isso, a limpeza externa da ordenhadeira mecânica é realizada com água proveniente de uma mangueira de menor pressão (com uma vazão de 0,08 L/s), utilizando detergente neutro líquido e uma esponja.

Após a sucção de água fria, a limpeza interna da ordenhadeira mecânica é continuada com a sucção de uma solução contendo 30 litros de água fervente e 120 mL de detergente alcalino clorado concentrado. Por fim, a limpeza interna da ordenhadeira mecânica é completada com a sucção de 30 litros de água fria onde são dissolvidas duas pastilhas de Ácido Dicloroisocianúrico, utilizadas na desinfecção da água. Os efluentes líquidos provenientes da lavagem interna e externa da ordenhadeira mecânica são dispostos no piso da sala de ordenha, que é lavado posteriormente.

Finalizada a higienização da ordenhadeira mecânica é realizada a higienização do local, para tanto uma mangueira de maior pressão (com uma vazão de 0,59 L/s) é utilizada, onde os jatos d'água vão removendo os resíduos de leite, fezes e urina da sala de ordenha. Todo o efluente gerado durante a lavagem é direcionado para uma canalização e tem por destino final a disposição no solo nas proximidades da sala de ordenha. Durante as visitas à ordenha, foi possível constatar um gasto médio de aproximadamente 1.090 litros de água para cada ordenha realizada, totalizando, por dia, um consumo médio de 2.180 litros de água apenas para a limpeza do piso da sala de ordenha. Olszensvski (2011) relata um consumo de 1.077 litros de água durante a ordenha na avaliação de uma propriedade leiteira no sul do Brasil, entretanto, não deixa claro para quais etapas da ordenha este consumo foi considerado.

A segunda ordenha é realizada das 14h00 até 15h30, onde 42 vacas são ordenhadas. Após a segunda ordenha todas as vacas em lactação são levadas para o pasto, e permanecem até o dia seguinte ao início da primeira ordenha. A Tabela 04 apresenta a quantificação por litro de leite dos insumos necessários à realização da ordenha.

Tabela 04: Insumos necessários à ordenha

Insumos	Unid	Qtde/litro de leite	Fonte
Água	L	4,28	Calculado
Papel toalha	g	0,13	Estimado
Detergente neutro	mL	0,13	Estimado
Solução de iodo	mL	0,58	Estimado
Detergente alcalino clorado concentrado	mL	0,46	Estimado
Ocitocina	mL	0,04	Estimado
Ácido Dicloroisocianúrico	g	0,04	Estimado

Identificou-se neste trabalho um consumo médio de 4,28 litros de água por litro de leite ordenhado para a higienização dos equipamentos e da sala de ordenha. Destaca-se um elevado consumo ao efetuar-se uma comparação com dados provenientes da literatura. Willers et al. (2014) encontraram um coeficiente de consumo de água de 3,4 litros de água por litro de leite ordenhado. Destaca-se como agravante para o aumento do consumo o piso da sala de ordenha ser limpo apenas com jatos de água, sem uma retirada prévia dos resíduos de leite e fezes. Uma raspagem antes da lavagem com a retirada dos resíduos já contribuiria para a redução do volume de água utilizado. Além da raspagem, o uso de lavadoras de alta pressão, bem como de dispositivos que promovessem a interrupção do jato de água quando a mangueira não estivesse sendo usada também contribuiria para a redução do consumo de água (WILLERS et al., 2014). Estima-se que para cada litro de leite ordenhado, sejam emitidos aproximadamente 60,19 mg de fósforo; 270,48 mg de nitrato; 22,4 g de sólidos totais e uma Demanda Química de Oxigênio (DQO) de 4,39 mg, levando em consideração a composição do efluente proveniente da ordenha, analisado por Silva e Roston (2010).

Outro ponto que merece destaque no processo de ordenha realizado na fazenda estudada é o uso de ocitocina injetável. Segundo Santos (2013), na ordenha de vacas leiteiras, a liberação de ocitocina é importante para a manutenção da lactação e controle da descida do leite, demonstrando que a liberação e tempo de ação deste hormônio são cruciais para uma ordenha completa e rápida. Entretanto, o uso da ocitocina injetável de forma continuada pode trazer uma série de consequências. As vacas que recebem injeções antes da ordenha criam resistência a entrar na sala de ordenha, já que sabem que serão submetidas a uma injeção. Com o estresse causado pelas aplicações, a descida normal do leite é prejudicada e muitas vacas defecam antes e durante a ordenha, fato este que contribui para aumentar ainda mais a carga orgânica do efluente gerado na limpeza da sala de ordenha. Além das consequências comportamentais, o uso de uma mesma agulha em vários animais (prática comum em muitas

fazendas leiteiras) pode representar um risco de transmissão de doenças entre as vacas (SANTOS, 2013). Uma sugestão para a eliminação da necessidade do uso de ocitocina durante a ordenha é o melhoramento genético do rebanho com o aumento do sangue de raças europeia, já que o padrão de ejeção do leite varia marcadamente de uma espécie para outra, o que pode estar relacionado à necessidade ou grau de liberação da ocitocina na ordenha. Outros fatores que podem interferir na fisiologia do reflexo de ejeção do leite entre as espécies são o número de progênie, frequência e duração da amamentação, e a estrutura anatômica da glândula mamária (COSTA e REINEMANN, 2008).

Durante o período de acompanhamento à ordenha, constatou-se que os bezerros presentes na maternidade da fazenda já eram alimentados com sucedâneo comercial do leite, que era diluído em água morna e fornecido aos animais na mamadeira. No caso da mamadeira, constatou-se que apesar do recipiente durar bastante, o mesmo não acontecia com os bicos das mamadeiras, que se deterioravam logo, sendo constantemente substituídos e por isso, também considerados no inventário.

5.4 Geração de resíduos sólidos

Os resíduos provenientes de embalagens e recipientes, considerados na Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida estão apresentados na Tabela 05.

Tabela 05: Resíduos gerados na produção de leite

Tipo	Unid.	Qtde/litro de leite
Poliestireno	mg	3,43
Polipropileno	g	0,10
Polietileno	g	2,5
Policloreto de Vinila (bicos de mamadeira)	mg	3,4
Propileno	mg	22,5

5.5 Emissões

5.5.1 Fermentação Entérica

Os resultados para as equações utilizadas para estimar o consumo de energia bruta diária para o rebanho da propriedade estudada, bem como os fatores de emissão de metano proveniente da fermentação entérica para cada categoria animal, são apresentados na Tabela 06.

Tabela 06: Fatores de emissão do metano – Fermentação Entérica

Categoria	Vacas	Novilhas	Bezerras
NEm (MJ/cabeça/dia)	29,9633	25,3459	26,7496
NEa (MJ/cabeça/dia)	5,0938	4,3090	4,5474
NEl (MJ/cabeça/dia)	61,3756	-	-
NEg (MJ/cabeça/dia)	1,2360	1,0455	-
NEc (MJ/cabeça/dia)	-	13,5999	5,5516
EB (MJ/cabeça/dia)	368,2311	124,2544	13,7228
Fe_{FE} (kgCH₄/cabeça/ano)	144,91	48,8979	5,40

NEm= Energia necessária para Manutenção; NEa = Energia necessária para Atividade; NEl = Energia necessária para lactação; NEg = Energia necessária para a gestação; NEc = Energia necessária para o crescimento; EB = Energia Bruta; Fe_{FE} = Fator de Emissão para a Fermentação Entérica

O resultado obtido para as vacas leiteiras nesse trabalho foi superior ao relatado pelo IPCC (2006a), onde os fatores de emissão de metano originado da fermentação entérica do gado leiteiro são estimados em torno de 63 kg CH₄/cabeça/ano. O valor apresentado pelo IPCC é semelhante ao relatado por Olszensvski (2011) para a propriedade extensiva, onde o fator de emissão de CH₄ foi de 62,77 kg CH₄/cabeça/ano, enquanto que na propriedade intensiva, 107,27 kg CH₄/cabeça/ano.

A comparação com estudos internacionais demonstrou valores também superiores aos estimados pelo IPCC (2006a). Castanheira et al. (2010) assumiu que são emitidos pela fermentação entérica 109 kg de CH₄/cabeça/ano, Hospido et al. (2003) considerou que são emitidos 123 kg de CH₄/cabeça/ano. Thomassen et al. (2008a) distinguiu as emissões entre os sistema de produção orgânico (128 kg CH₄/cabeça/ano) e convencional (113 kg CH₄/cabeça/ano) e, Haas et al. (2001) identificou que são emitidos aproximadamente 155 kg de CH₄/cabeça/ano.

Resultados de pesquisas desenvolvidas por Pedreira et al. (2009) utilizando a técnica do gás traçador SF₆, indicaram uma variação da emissão de metano por vacas em lactação de 14 a 16 g por hora, ou seja, aproximadamente 131 kgCH₄/cabeça/ano.

De acordo com Pedreira e Primavesi (2011), tais variações estão associadas ao fator potencial de produção, considerando-se que os animais permanecerão quase o ano todo consumindo as dietas daquele período, o que não ocorre em condições reais no campo, pois durante uma parte do ano os animais passam por escassez de alimentos e não têm acesso a aditivos, o que gera menor quantidade de metano, embora a produção fique comprometida.

Além disso, a intensidade da emissão de metano proveniente da fermentação entérica depende principalmente do tipo de animal, do consumo de alimentos e do grau de digestibilidade da massa digerida. Dessa forma, as indicações para a redução das emissões de metano pela pecuária estão relacionadas à melhoria dos pastos e da dieta, com fornecimento

de carboidratos rapidamente digestíveis, à manutenção de altos níveis de ingestão, à utilização de forragens de melhor qualidade, à suplementação alimentar, à qualidade e melhoramento genético dos animais, bem como outras medidas que reflitam na melhor eficiência produtiva, resultando em ciclos de produção mais curtos (PEDREIRA e PRIMAVESI, 2011).

5.5.2 Manejo do esterco

Os fatores de emissão de metano para cada categoria animal provenientes do manejo de esterco, com base na metodologia do IPCC (2006a), e das estimativas de BRASIL (2010), para as abordagens *Tier 1* e 2 são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7: Fatores de emissão do metano – Manejo do esterco

Categoria	EDsv (kg/cabeça/dia)	Fe _{ME}	Fe _{ME}
		(kgCH ₄ /cabeça/ano) <i>Tier 1</i>	(kgCH ₄ /cabeça/ano) <i>Tier 2</i>
Vacas	8,9805	7535,32	1,54
Novilhas	2,7881	880,2	0,48
Bezerras	0,3079	108	0,05

EDsv = Excreção Diária Média de Sólidos Voláteis; Fe_{ME}= Fatores de Emissão para Manejo do Esterco

Olszensvski (2011), utilizando a abordagem “*Tier 1*” relatou fatores de emissão da ordem de 1889,38; 915,98; e 89,67 kgCH₄/cabeça/ano, para vacas, novilhas e bezerras, respectivamente. Entretanto, destaca-se que tal abordagem para estimativa das emissões consiste apenas na multiplicação do fator de emissão de cada categoria animal obtido pela fermentação entérica pelo número de indivíduos da categoria. Dessa forma, conforme o BRASIL (2010), para o gado bovino e suíno, devido à importância das emissões provenientes dessas criações, é aconselhável o uso da abordagem “*Tier 2*” para o cálculo dos fatores de emissão decorrentes do manejo do esterco, evitando-se assim uma superestimativa das emissões. Além disso, destaca-se que na propriedade em estudo os dejetos não são manejados, e se depositam na pastagem, secando-se e se decompondo no campo, em condições aeróbias, de modo que são esperadas quantidades mínimas de emissão de CH₄ a partir dessa fonte, quando em comparação com outras formas de manejo dos dejetos, tais como o armazenamento ou o tratamento com base líquida (em lagoas, lagos, tanques ou poços), onde os dejetos se decompõem anaerobicamente e podem produzir uma quantidade significativa de CH₄.

Outro fator relacionado à emissão de metano é a composição do dejetos, que é determinada pela dieta animal, de modo que quanto maior o conteúdo de energia e a digestibilidade do alimento, maior a capacidade de produção de CH₄. Um gado alimentado

com uma dieta de alta qualidade produz um dejetos com maior potencial de gerar metano, ao passo que um gado alimentado com uma dieta mais fibrosa produzirá um dejetos contendo material orgânico mais complexo, tal como celulose, hemicelulose e lignina (BRASIL, 2011). Esta segunda situação estaria mais associada ao gado criado a pasto em condições tropicais, conforme situação verificada nesse trabalho.

5.5.3 Emissões nitrogenadas

Tomando como base a metodologia proposta pelo IPCC (2006b), considerando as emissões diretas provenientes do manejo do solo, através do uso de fertilizantes nitrogenados, bem como da deposição do esterco sem gerenciamento sobre a pastagem, obteve-se um total de 1,10 kg de N₂O emitidos para cada litro de leite produzido na propriedade estudada. Além disso, destaca-se uma média anual de excreção de nitrogênio pelas fezes e urina de aproximadamente 70,08; 56,06 e 14,02 kg N/cabeça/ano, para vacas, novilhas e bezerras respectivamente.

5.6 Alocação

5.6.1 Alocação Econômica

Como resultado para a alocação econômica dos impactos ambientais da produção de leite e a carne proveniente do nascimento de bezerros machos, bem como do descarte das vacas após o seu período produtivo obteve-se um total de 94,7% da carga ambiental para o leite e 5,3% para a carne. Tal valor apresenta-se em conformidade com valores encontrados por Battine et al. (2014), que obtiveram como resultado para a alocação de 93,4% para o leite e 6,6% para a carne; Cederberg e Flysjö (2004) e Léis (2013) relatam uma atribuição de 90% da carga ambiental para o leite e 10% para a carne.

5.6.2 Alocação Física

O fator de Alocação Física para o leite foi de 90,94%. Tal valor foi superior ao encontrado por Bacenetti et al. (2016) que relatam um fator de Alocação Física para o leite de 82,4%, por Gollnow et al. (2014), 89,9% e por Doublet et al. (2013) que também utilizaram a Alocação Física sugerida pelo IDF (2010) e encontraram um fator de alocação de 78,2% para o leite. O valor encontrado nesse trabalho está em conformidade com a faixa que é prevista pelo IDF (2010), que indica uma variação entre 90 a 100% da carga ambiental para a produção de leite, quando comparada com a produção de carne. A Tabela 8 apresenta a distribuição das emissões atmosféricas entre o leite e a carne conforme a Alocação Física realizada.

Tabela 8: Alocação Física para as emissões atmosféricas

Emissão	Total	Leite	Carne	Unidade
CH₄ – Fermentação Entérica	199,21	181,16	18,05	kg/cabeça/ano
CH₄ – Manejo do esterco	2073,20	1885,37	187,32	kg/cabeça/ano
N₂O – Manejo do solo e dejetos	1,10	1,00	0,10	kgN ₂ O/litro de leite

5.7 Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida

Os resultados para as categorias de impacto consideradas nesse trabalho, bem como resultados provenientes de outros dados da literatura estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida

Categoria de Impacto	Mudanças Climáticas (kg CO₂eq)	Acidificação Terrestre (g SO₂eq)	Eutrofização de água doce (g PO₄eq)	Ocupação de Terra Agrícola (m² ano)	Depleção Fóssil (kg Oileq)
Valores por kg FPCM					
Este trabalho	0,54	6,8	1,74	1,17	0,0108
Olszensvski (2011)	---	7,0	2,0	6,8	---
Léis (2013)	0,738	7,73	4,07	0,71	---
Bacenetti et al. (2016)	1,12	15,5	5,62	---	---
González-García et al. (2013b)	0,74	19,0	6,5	---	---
Roer et al. (2013)	1,47 – 1,59	2,21 – 21,6	0,86 -0,92	1,6 – 2,06	0,0893 – 0,111
Fantin et al. (2012)	0,8 - 1,5	9,9	7,2	---	---

5.7.1 Mudanças Climáticas

Os resultados demonstraram que na fazenda em que o trabalho foi realizado são emitidos 0,54 kg CO₂eq/kg FPCM (Figura 09). A produção de alimentos e aditivos para os animais contribui com 21,6% do potencial de aquecimento global na propriedade estudada. Aproximadamente 62,4% das contribuições para essa categoria de impacto estão direcionadas à aplicação de fertilizantes nitrogenados (Ureia) na pastagem.

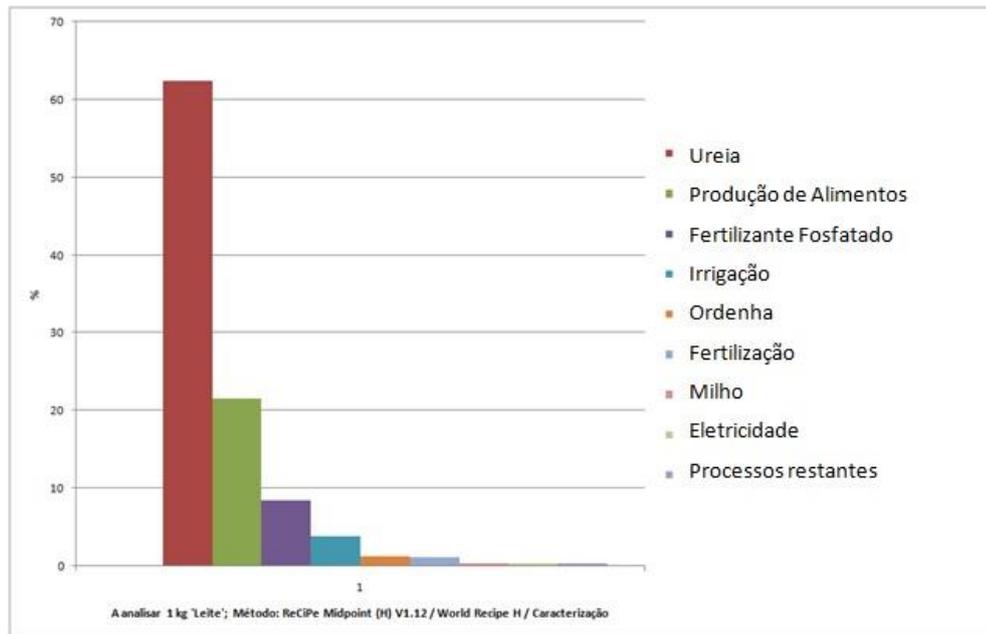


Figura 09: Principais contribuições das unidades de processo consideradas na produção de leite para a categoria de impacto Mudanças Climáticas. ReCiPe MidPoint (H) – Caracterização.

Segundo Willers et al. (2016), o impacto da produção de compostos nitrogenados e fosfatados está diretamente relacionado ao consumo de energia utilizada na produção desses insumos. Uma vez que os dados de inventário de tais fertilizantes são baseados na matriz energética europeia, com a possibilidade de redução dos impactos caso a matriz energética nacional fosse considerada. Dessa forma, é possível considerar a relevância dos resultados obtidos uma vez que o Brasil importa aproximadamente 70% dos fertilizantes (WILLERS et al., 2016).

Segundo Gonzáles-Garcia (2013b) os principais impactos derivados da produção de leite cru nas fazendas são provenientes principalmente das emissões para o ar, como CH_4 a partir fermentação entérica e manejo de dejetos, bem como NH_3 a partir do manejo dos dejetos e aplicação de fertilizantes. Além disso, as emissões de aplicação de fertilizantes e manejo de dejetos tais como N_2O (ao ar) e lixiviação NO_3 (no solo) também são notáveis. Segundo eles, os mesmos resultados foram obtidos por outros autores, mesmo considerando-se diferentes métodos de alocação de coprodutos (econômica, mássica, biológica ou expansão do sistema).

De acordo com Fantin et al. (2012) as emissões de metano pela fermentação entérica são os principais contribuintes para a emissão de GEE da atividade agropecuária. A quantidade de concentrado e volumoso na alimentação animal influenciam fortemente tais emissões (THOMASSEN et al., 2008a)

Slade et al. (2016) destacam que a produção de leite e carne em sistemas à base de pasto contribuem para a redução de Gases de Efeito Estufa (GEE) quando em comparação com sistemas em confinamento onde o gado é alimentado principalmente à base de concentrado. Entretanto, nesse tipo de sistema a adição dos dejetos animais no pasto contribui com a emissão de GEE. Uma forma de reduzir as emissões é a dispersão de besouros de estrume na pastagem que pode ajudar a atenuar os efeitos das emissões através da aeração e enterro dos bolos fecais (SLADE et al. 2016).

5.7.2 Acidificação Terrestre

O potencial de acidificação identificado para esse estudo foi de 6,8 g SO₂eq/kg FPCM. Aproximadamente 96,51% deste potencial são provenientes da síntese do leite, considerando nesse caso a produção de alimentos, dentre estes concentrados e silagens, bem como aditivos para o rebanho. O uso de fertilizantes nitrogenados com a ureia contribui com cerca de 3,5% do potencial de acidificação na propriedade estudada (Figura 10).

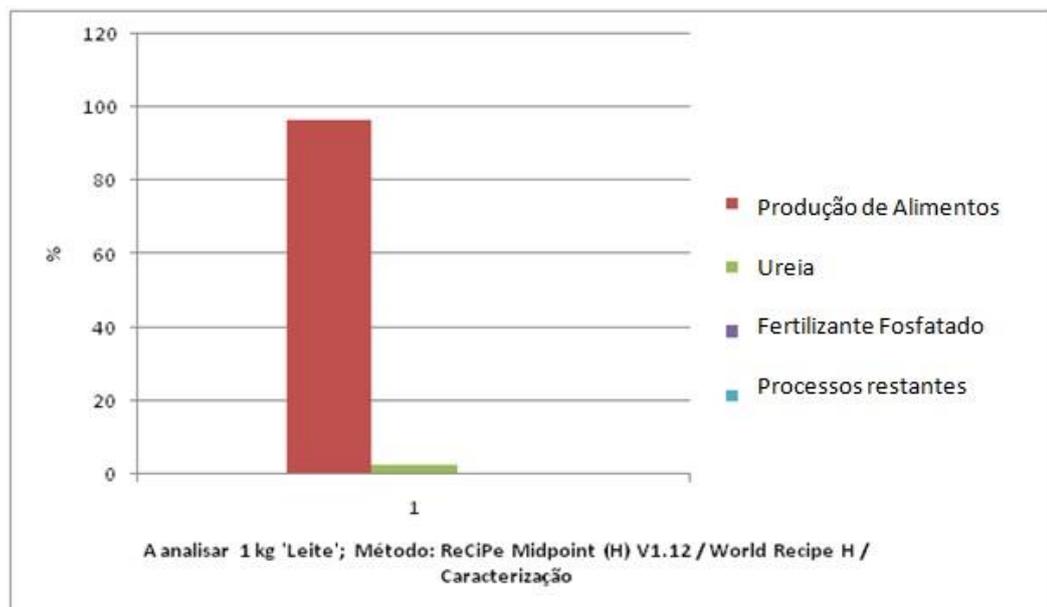


Figura 10: Principais contribuições das unidades de processo consideradas na produção de leite para a categoria de impacto Acidificação Terrestre. ReCiPe MidPoint (H) – Caracterização.

A unidade de processo Silagem contribui para 14% do potencial de acidificação. Globalmente, as emissões de NH₃ são responsáveis por 87% do potencial de acidificação total, enquanto SO₂ e NO_x têm contribuições menores de 9% e 4%, respectivamente (CASTANHEIRA et al., 2010). Segundo Olszensvski (2011), para a produção à base de pasto do sul do país o percentual do potencial de acidificação atribuído à síntese do leite foi superior à 99,20%. Léis (2013) afirma que para todos os sistemas de produção estudados em seu

trabalho no sul do Brasil, a alimentação dos animais representou 99 % dos impactos para o potencial de acidificação por kgFPCM. Castanheira et al. (2010) afirmam que cerca de 69,5 % do potencial de acidificação em uma fazenda convencional de Portugal são atribuídos às atividades agrícolas leiteiras, principalmente como resultado das emissões de NH_3 por volatilização do nitrogênio contido no estrume. Haas et al. (2001) consideram que o potencial de acidificação é provocado quase exclusivamente por emissões de NH_3 da manutenção do gado.

5.7.3 Eutrofização de água doce

O potencial de eutrofização encontrado para este estudo foi de 1,74 g $\text{PO}_4\text{eq/kg}$ FPCM. Aproximadamente 81% desse potencial é decorrente do uso de fertilizantes fosfatados (43%) e nitrogenados (40%). Assim como para a categoria Mudanças Climáticas, destaca-se também o impacto da produção de compostos nitrogenados e fosfatados em decorrência do elevado consumo de energia utilizada na produção desses insumos. Sendo novamente destacado o uso de dados de inventário dos fertilizantes com base na matriz energética europeia, tornando possível a mitigação dos impactos caso a matriz energética brasileira fosse levada em consideração (WILLERS et al., 2016).

Uma alternativa ao uso de fertilizantes sintéticos é a utilização da urina, onde está presente a maior parte dos nutrientes da excreta humana. Muitos pesquisadores têm testado urina humana como fertilizante com resultados satisfatórios. A urina humana transporta níveis muito baixos de agentes patogênicos, enquanto que contém quantidades consideráveis de nitrogênio, fósforo e potássio que podem ser reciclados para uso agrícola (JÖNSSON, 2001). Um adulto pode produzir cerca de 500 litros de urina por ano contendo 4,0kg de nitrogênio, 400g de fósforo e 900g de potássio (ESREY et al., 1998). Tal substituição permitiria a economia de grande quantidade de energia, visto que os fertilizantes químicos podem ser substituídos pelas excretas. Além disso, estima-se que as reservas de fósforo (passíveis de extração) se encontrarão extinguidas nos próximos 100 anos (STEEN, 1998) e as de enxofre (necessárias para a produção de adubos nitrogenados), em menos de 30 anos (ECOSANRES, 2003). Alto nível de nutrientes em conjunto com baixos níveis de agentes patogênicos faz com que a urina humana seja um potencial candidato como fertilizante líquido (RANASINGHE et al., 2016).

A irrigação também contribui com o potencial de eutrofização em decorrência da lixiviação de nutrientes para os corpos hídricos, além desses contribuintes, destaca-se também a contribuição do efluente proveniente da lavagem dos utensílios, equipamentos e do piso da

sala de ordenha, que correspondem com um percentual de 2,38% (Figura 11). Em comparação com o estudo realizado por Olszensvski (2011), onde o percentual do potencial de eutrofização atribuído à ordenha foi de 0,35%, destaca-se uma elevada carga ambiental nesse processo para a fazenda avaliada.

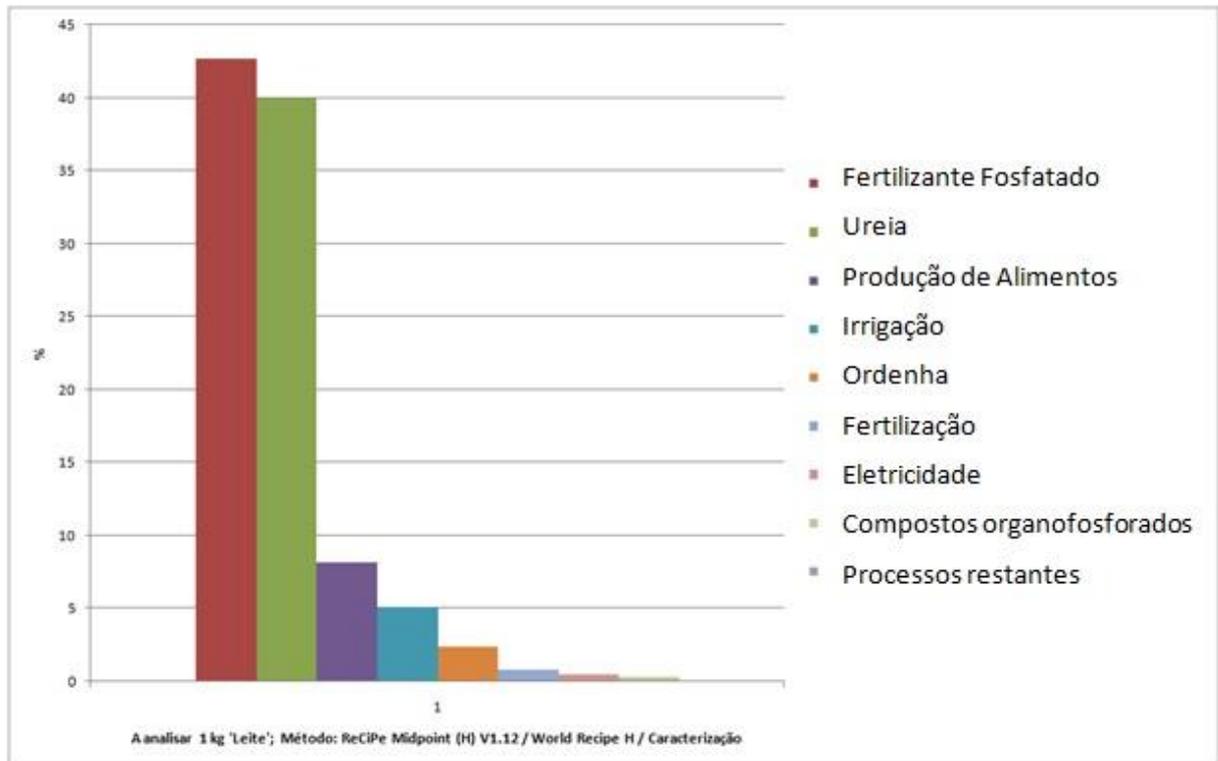


Figura 11: Principais contribuições das unidades de processo consideradas na produção de leite para a categoria de impacto Eutrofização de Água Doce. ReCiPe MidPoint (H) - Caracterização

De acordo com Léis (2013) no sistema de produção a pasto no sul do país, aproximadamente 44 % dos impactos da categoria eutrofização foram da emissão de NH_3 , 33% do nitrato, 19% do fosfato e 3% dos óxidos de nitrogênio. Em um sistema convencional na Holanda, Thomassem et al. (2008b) identificou como contribuições para o potencial de eutrofização de 44% provenientes das emissões de fertilizantes nitrogenados 40% para fertilizantes fosfatados.

Segundo Bacenetti et al. (2016) uma estratégia que pode ajudar a reduzir os impactos da Pegada de Carbono, Acidificação e a Eutrofização em cerca de 10%, 11% e 12%, respectivamente, é o aumento na frequência de ordenhas, passando de duas para três práticas diárias. De acordo com os autores, esta estratégia de uma terceira ordenha comparada com as duas atualmente praticadas na maioria das propriedades leiteiras implica em um aumento de eficiência alimentar, devido à maior produção de leite e o consumo de ração. Destaca-se ainda

como estratégia para aumento da eficiência alimentar a melhora do volumoso oferecido ao gado, juntamente com o correto balanceamento da dieta. Entretanto, é válido salientar como ponto negativo dessa estratégia o maior consumo energético em decorrência do aumento no tempo de funcionamento da ordenhadeira mecânica. Além disso, há que se levar em consideração também o aumento dos custos com a mão de obra, já que haverá a necessidade de ampliação do quadro de funcionários do setor, em decorrência da inclusão de mais uma prática de ordenha.

Flysjö et al. (2011) relataram que produção de leite e a ingestão de alimentos são os dois parâmetros mais influentes em emissão de gases de efeito estufa, indicando que a eficiência pode ser usada como um indicador chave de medidas de desempenho para reduzir as emissões do leite em nível das explorações agrícolas. Entretanto, destaca-se como desvantagem dessa medida o aumento do consumo de energia em decorrência do maior tempo de funcionamento da ordenhadeira mecânica.

5.7.4 Ocupação de Terra Agrícola

Para essa categoria de impacto ambiental, na fazenda avaliada identificou-se o desempenho de 1,17 m²ano/kg FPCM. Todo o impacto ambiental é proveniente da alimentação animal, com a produção de concentrados, aditivos e, principalmente, pastagem com a maior parte de área ocupada.

Segundo Léis (2013), estudos mais aprofundados sobre a categoria de impacto de ocupação de terra são importantes para um país como o Brasil, que se destaca como um grande exportador de grãos como a soja, principal ingrediente utilizado na formulação de ração animal.

Segundo Balbinot et al. (2009) o uso de sistemas de produção que ocupem intensamente os recursos disponíveis nos agrossistemas, concomitante à melhoria da qualidade do solo é a alternativa mais apropriada para a produção, já que permite a redução no consumo de insumos e gera maior renda por área. Nesse contexto, a Integração Lavoura-Pecuária (ILP) pode auxiliar no alcance desses objetivos, já que pressupõe o uso contínuo das áreas agrícolas e a melhoria da qualidade do solo ao longo do tempo (ENTZ et al., 2002; RAO et al., 2003). A ILP se constitui em sistema de produção que alterna, na mesma área, o cultivo de pastagens anuais ou perenes, destinadas à alimentação animal, e culturas destinadas à produção vegetal, sobretudo grãos. Dessa forma, a ILP pode proporcionar algumas vantagens para o produtor rural, como por exemplo, maior renda por área, maior diversificação de atividades, menor risco econômico e menor custo de produção. Além disso, pode

proporcionar vantagens biológicas, como maior biodiversidade e melhoria da qualidade do solo. Entretanto, é válido salientar que para que o sistema ILP tenha êxito, alguns fundamentos devem ser atendidos, como uso de rotação de culturas, do sistema plantio direto e de genótipos de animais e vegetais melhorados, correção da acidez e fertilidade do solo e, principalmente, manejo adequado da pastagem, evitando a compactação do solo (Balbinot et al., 2009).

5.7.5 Depleção Fóssil

O valor de depleção de combustíveis fósseis encontrado foi de 0,0108 kg oileq/kg FPCM. Destaca-se que deste valor, o principal agente foi o uso do fertilizante nitrogenado, com aproximadamente 83% de contribuição, seguido da aplicação de fertilizante fosfatado (10%) (Figura 11).

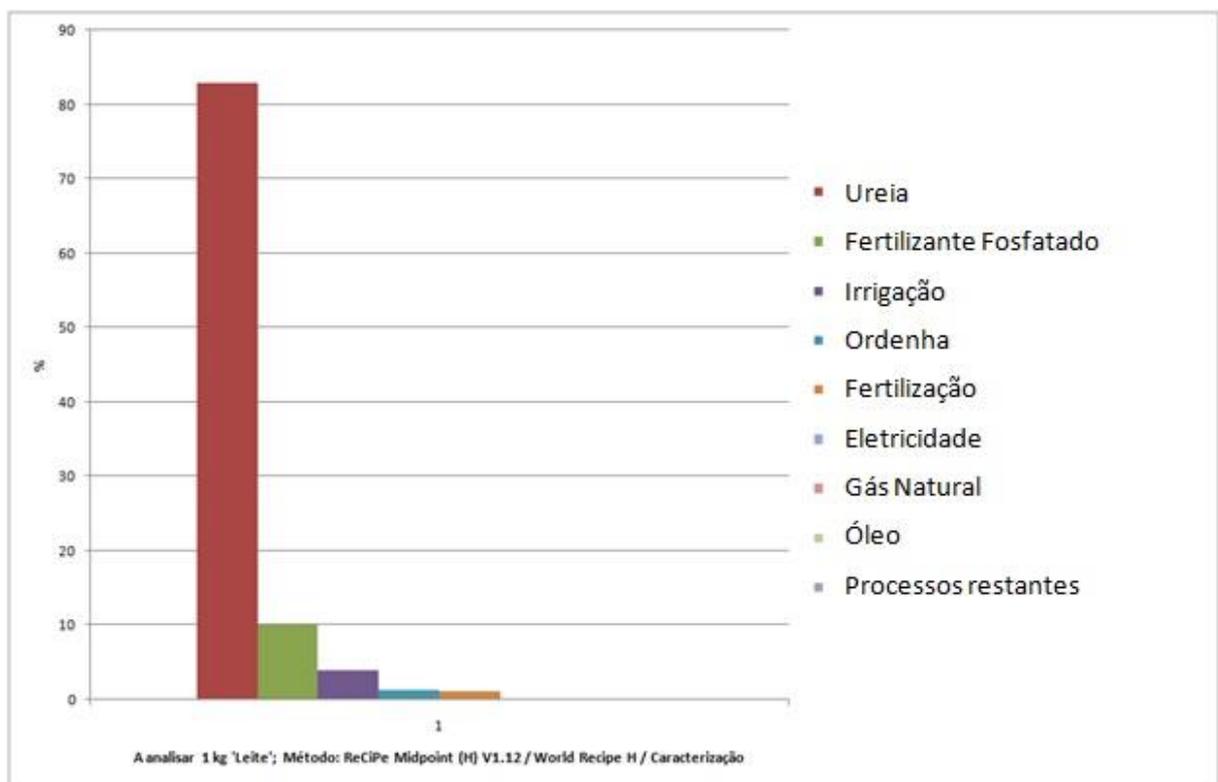


Figura 12: Principais contribuições das unidades de processo consideradas na produção de leite para a categoria de impacto Depleção Fóssil. ReCiPe MidPoint (H) – Caracterização.

5.8 Análise de Sensibilidade

Os resultados para a Análise de Sensibilidade para os métodos de alocação abordados nesse estudo são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Análise de sensibilidade para o uso da Alocação Física, Econômica e não realização de Alocação

Categorias	Unidade	Sem Alocação (Todo impacto para o leite)	Alocação Econômica		Alocação Física	
			Leite (94,7%)	Carne (5,3%)	Leite (90,94%)	Carne (9,06%)
Fermentação Entérica	Vacas	144	136,37	7,63	130,95	13,05
	Novilhas	48,9	46,31	2,59	44,47	4,43
	Bezerros	5,4	5,11	0,29	4,91	0,49
Manejo do Estrume	Vacas	1,54	1,45	0,09	1,40	0,14
	Novilhas	0,48	0,45	0,03	0,44	0,04
	Bezerros	0,05	0,047	0,003	0,04	0,01
Emissões Nitrogenadas	kg N ₂ O/litro de leite	1,10	1,04	0,06	1,00	0,10
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ eq/kg FPCM	0,52	0,49	0,03	0,47	0,05
Acidificação Terrestre	g SO ₂ eq/ kg FPCM	6,8	6,44	0,36	6,18	0,62
Eutrofização de Água Doce	g PO ₄ eq/ kg FPCM	1,74	1,65	0,09	1,58	0,16
Ocupação de Terra Agrícola	m ² ano / kg FPCM	1,17	1,10	0,07	1,06	0,11
Depleção Fóssil	kg oileq/ kg FPCM	0,0108	0,0102	0,0006	0,009	0,001

A partir da análise de sensibilidade apresentada acima é possível constatar que a escolha do método de alocação para os impactos entre a carne e leite influencia nos resultados finais da avaliação de desempenho ambiental da produção de leite no sistema de produção da propriedade estudada. De acordo com FAO (2010) o tipo de alocação afeta fortemente as emissões por quilo de carne e, em menor medida, as emissões por kg de leite. Isso ocorre porque a produção de carne em sistemas lácteos especializados é apenas uma parte limitada da produção total. Pequenas mudanças na alocação de emissões para a carne podem ter efeitos relativamente fortes (FAO, 2010).

Segundo Rafiee et al. (2016) a alocação econômica ainda é usada para distribuir as emissões entre a produção de leite e carne (DALGAARD et al, 2014; ROER et al, 2013), entretanto, este método não parece particularmente apropriado na fase de produção nas fazendas porque os preços do leite e da carne são voláteis e dessa forma podem não gerar resultados consistentes e comparáveis (BATTINI et al., 2016).

Através dos vários métodos de alocação utilizados pelos pesquisadores, variações da ordem de 0,73 a 1,4 kg CO₂eq/kg leite cru foram relatados para a produção de leite

considerando-se a avaliação de impacto do berço até o portão da fazenda (CASEY e HOLDEN, 2005; CASTANHEIRA et al., 2010; GONZÁLEZ-GARCÍA et al., 2013; WILLIAMS et al., 2006). Para este trabalho as variações em decorrência da escolha do método de alocação foram da ordem de aproximadamente 4,08%, onde, para a categoria mudanças climáticas, por exemplo, as emissões variaram entre 0,47 – 0,49 kg CO₂eq / kg FPCM (Figura 13).

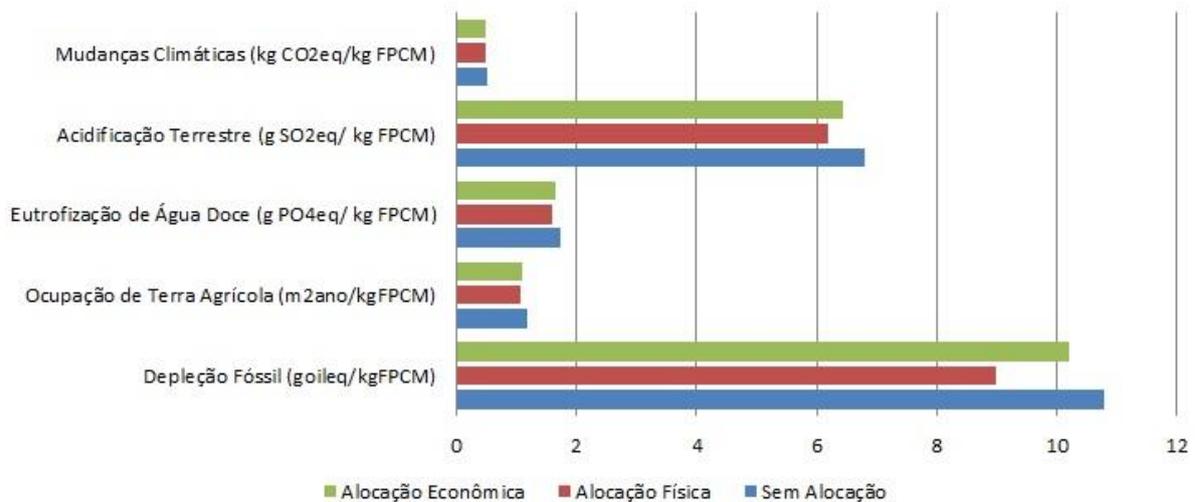


Figura 13: Distribuição dos impactos ambientais da produção de leite considerando o uso da Alocação Física, Alocação Econômica e a não realização de Alocação.

Com relação à categoria Acidificação Terrestre, para este trabalho as variações foram da ordem de 6,18 a 6,8 g SO₂eq/kgFPCM em decorrência do método de alocação empregado ou da não utilização da alocação, com toda a carga ambiental atribuída à produção de leite.

Além de métodos de alocação, as variações nos resultados relatados na literatura podem ser explicadas pelas diferenças nas fronteiras do sistema, nas condições geográficas, nas práticas agrícolas, nas fontes de dados e nos fatores de caracterização (GONZÁLEZ-GARCÍA et al., 2013).

Por fim, ressalta-se que a análise de sensibilidade ajuda a proporcionar uma melhor compreensão da importância relativa dos vários dados de entrada sobre os resultados de um modelo (FAO, 2010). Esta análise de sensibilidade permite estabelecer comparações úteis com os resultados de estudos realizados em outras partes do mundo. A fim de comparar os resultados deste estudo com os relatados em outros lugares na literatura é preciso considerar não só as categorias de impacto empregada, mas também a abordagem de alocação aplicada (CEDERBERG e STADIG, 2003; DANESHI et al., 2014; RAFIEE et al., 2016).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O território de identidade médio sudoeste possui uma das mais importantes bacias leiteiras do estado da Bahia, sendo, portanto, um importante vetor da economia estadual. E, assim como toda atividade humana, percebe-se a relevância de se avaliar de forma sistematizada os potenciais impactos ambientais associados ao leite produzido nesta região. O estudo por meio da Avaliação do Ciclo de Vida permitiu verificar os principais fluxos contribuintes para as categorias de impacto consideradas, apontando assim os principais pontos críticos associados ao leite. Diversos estudos sobre ACV da produção de leite têm sido publicados, entretanto poucos analisam a produção no contexto nacional e nenhum ainda havia tratado sobre a produção de leite no Nordeste do país, mais precisamente analisado a produção do sudoeste da Bahia.

A coleta de dados propiciou a identificação de pontos relativos à produção passíveis de correções que possibilitam a expansão do desempenho ambiental da propriedade. Dentre estes, destaca-se a redução do consumo de água no processo de higienização da sala de ordenha, reduzindo a pressão sobre o uso desse recurso natural, bem como a geração de efluentes. Destaca-se também, como medida indicada, uma melhor avaliação da real necessidade do uso de ocitocina injetável para a manutenção da lactação e do controle da descida do leite. Um possível substituto ao uso do hormônio injetável é o estímulo através do contato manual dos tetos antes da ordenha ou da mamada do bezerro.

Para as categorias de impacto ambiental utilizadas na avaliação da produção, verificou-se a produção de alimentos como um dos principais fatores responsáveis pela carga ambiental. Além disso, houve também uma elevada contribuição do uso de fertilizantes como agentes causadores de danos ambientais. A partir da identificação dos principais pontos de impacto ambiental já se torna possível por em prática estratégias de gerenciamento ambiental, como por exemplo, a substituição de fertilizantes sintéticos por fertilizantes orgânicos de origem animal e vegetal adequadamente manejados na pastagem. Outro ponto relevante é a elevada estimativa de emissões de metano provenientes da fermentação entérica dos animais. Com

relação a esse aspecto, possíveis alterações no regime alimentar do rebanho poderiam contribuir para a redução de tais emissões. A alimentação do rebanho está relacionada com a categoria de mudanças climáticas, sendo que quanto mais digestíveis forem os alimentos, maior as emissões oriundas da fermentação entérica. Logo, o oferecimento do alimento com maior digestibilidade, entretanto, com alta qualidade nutricional para atender a demanda diária do animal, já seria um fator responsável pela redução das emissões.

Ressalta-se que o sistema de produção de leite a base de pasto permite o bem estar animal e uma menor mão-de-obra o que não foi contabilizado nesse estudo. Além de manter os agricultores no campo, evitando o êxodo rural. Tais indicadores podem ser considerados como positivos, não estando, porém no contexto da avaliação dos impactos ambientais realizada deste trabalho.

É válido salientar também a dificuldade na comparação dos resultados deste estudo com outros trabalhos sobre ACV da produção de leite, principalmente no tocante à unidade funcional adotada em cada estudo. Entretanto, para algumas categorias avaliadas foi possível notar relativa semelhança com os valores apresentados por outros estudos, o que serve para constatar que esse trabalho se apresentou em conformidade com o que já é praticado em demais propriedades leiteiras tanto no contexto nacional, como internacional.

Por fim, destaca-se a importância da realização análise de sensibilidade para este trabalho no tocante aos métodos de alocação utilizados, uma vez que escolhas metodológicas relativamente arbitrárias foram realizadas, e a disponibilidade de dados limitados exigiu o uso de simplificações e suposições.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR ISO 14040.
Avaliação do Ciclo de Vida: Princípios e Estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 21. Rio de Janeiro. 2009.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR ISO 14044.
Gestão Ambiental: Avaliação do Ciclo de Vida: Requisitos e Orientações. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 46. Rio de Janeiro. 2009.
- AGUIRRE-VILLEGAS, H. A.; PASSOS-FONSECA, T. H.; REINEMANN, D. J.; ARMENTANO, L.M.; WATTIAUX, M. A.; CABRERA, V. E.; NORMAN, J. M.; LARSON, R. Green cheese: partial life cycle assessment of greenhouse gas emissions and energy intensity of integrated dairy production and bioenergy systems. **Journal of Dairy Science.** v.98, p. 1571–1592, 2015.
- BACENETTI, J.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; LOVARELLI, D.; SANDRUCCI, A.; TAMBURINI, A. FIALA, M. Anaerobic digestion and milking frequency as mitigation strategies of the environmental burden in the milk production system. **Science of the Total Environment.** v.539, p. 450–459, 2016.
- BASSET-MENS, C.; LEDGARD, S.; BOYES, M. Eco-efficiency of intensification scenarios for milk production in New Zealand. **Ecological Economics,** v. 68, p. 1615-1625, 2009.
- BATTINI, F.; AGOSTINI, A.; BOULAMANTI, A.K.; GIUNTOLI, J.; AMADUCCI, S. Mitigating the environmental impacts of milk production via anaerobic digestion of manure: Case study of a dairy farm in the Po Valley. **Science of the Total Environment,** v. 481, p. 196–208, 2014.
- BAVA, L.; SANDRUCCI, A.; ZUCALI, M.; GUERCI, M.; TAMBURINI, A. How can farming intensification affect the environmental impact of milk production? **Journal of Dairy Science,** v. 97, p. 4579-4593. 2014.
- BEAUCHEMIN, K.A.; McGEOUGH, E.J. Life Cycle Assessment in Ruminant Production. **Sustainable animal agriculture.** 2014.

- BERLIN, J. Environmental life cycle assessment of semi-hard cheese. **International Dairy Journal** v.12, p. 939–953, 2002.
- BOER, I.J.M. Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. **Livestock Production Science**, v. 80, n.1-2, p. 69-77, 2003.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI. **Emissões de metano por fermentação entérica e manejo de dejetos de animais**. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. 2010a.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI. **Emissões de óxido nítrico de solos agrícolas e de manejo de dejetos**. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. 2010b.
- CARVALHO JÚNIOR, J.N. de. **Diagnóstico da pecuária leiteira na microrregião de Itapetinga-Bahia**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA: UESB, 2011.
- CASEY, J.W.; HOLDEN, N.M. The Relationship between Greenhouse Gas Emissions and the Intensity of Milk Production in Ireland. **Journal of Environmental Quality**, v. 34, p. 429 – 436, 2005.
- CASTANHEIRA, É.G; DIAS, A.C.; ARROJA, L.; AMARO, B.R. The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. **Agricultural Systems**, 103, 498–507, 2010.
- CEDERBERG, C.; DALERIUS, K. Life cycle assessment of Pig Meat. **Nature surs forum Land sting et Hall and**, Sweden, 2001.
- CEDERBERG, C.; STADIG, M. System expansion and allocation in life cycle assessment of milk and beef production. **International Journal of Life Cycle Assessment**, 8 (6), 350-356, 2003.
- CEDERBERG, C; MATTSSON, B. Life cycle assessment of milk production e a comparison of conventional and organic farming. **Journal of Cleaner Production**, 8, 49-60, 2000.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA **Análise do mês**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), São Paulo – SP, 2015. Disponível em: <http://cepea.esalq.usp.br/leite/?page=164>. Acesso em 27/01/2016.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Relatório PIBAGRO – BRASIL**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), São Paulo – SP, 2013.

- CLAUDINO, E.S.; TALAMINI, E. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio - Uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.77–85, 2013.
- COSTA, D.A.; REINEMANN, D.J. A necessidade de estimulação em várias raças bovinas e outras espécies. University of Wisconsin-Madison, Laboratório de Ensino e Pesquisa de Ordenha. 2008.
- DALTON, J.C. Proporção de sexos ao parto quando se utiliza sêmen convencional: O que se deve esperar? **ABS, Global**, 2010.
- DANESHI, A.; ESMAILI-SARI, A.; DANESHI, M.; BAUMANN, H. Greenhouse gas emissions of packaged fluid milk production in Tehran. **Journal of Cleaner Production**. v. 80, p. 150-158, 2014.
- DE BOER, I. J.; Environmental impact assessment of conventional and organic milk production. *Livestock Production Science*, 80, 69-77. 2003.
- ECOSANRES. **Closing the loop on phosphorus**; 2003. Disponível em: <<http://www.ecosanres.org>>. Acesso em: 18/04/2016
- EMBRAPA GADO DE LEITE – Importância da água para bovinos de leite. 2001.
- ERSCP. Meeting consumer demand for sustainable products. Summary of the workshop. Bilbao, 2004.
- ESREY, S., ANDERSSON, I., HILLERS, A., SAWYER, R. **Closing the loop Ecological Sanitation for food security**. Estocolmo, Suécia: SIDA, 2001.
- ESTATÍSTICAS DOS MUNICÍPIOS BAIANOS - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. Salvador: SEI, 2012.
- FANTIN, V., BUTTOL, P., PERGREFFI, R., MASONI, P. Life cycle assessment of Italian high quality milk production. A comparison with an EPD study. **Journal of Cleaner Production**. v. 28, p. 150-159. 2012
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED - **Environmental performance of large ruminant supply chains - Guidelines for assessment**. 2015.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – **Food Outlook. Global Market Analysis**. 2012.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2010. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/>> Acesso em 20 de Agosto de 2013.
- FEITZ, A.J.; Lundie, S.; Dennien, G.; Morain, M.; Jones, M. Generation of an Industry-Specific Physico-Chemical Allocation Matrix: Application in the Dairy Industry and

- Implications for Systems Analysis. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v.12, n 2, p. 119-117, 2007.
- GEOUGH, E. J.; LITTLE, S. M.; JANZEN, H. H.; MCALLISTER, T. A.; MCGINN, S. M.; BEAUCHEMIN, K. A. Life-cycle assessment of greenhouse gas emissions from dairy production in eastern Canada: a case study. **Journal of Dairy Science**. v.95, p. 5164–5175, 2012.
- GERBER, P.; VELLINGA, T.; OPIO, C.; HENDERSON, B.; STEINFELD, H.; Greenhouse gas emissions from the dairy sector: A life cycle assessment. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Animal Production and Health Division**, Rome, Italy. 2010.
- GOEDKOOOP, M., OELE, M., SCHRYVER, A. D., VIEIRA, M. **SimaPro database manual: methods library**. 52. 2008.
- GOLLNOW, S.; LUNDIE, S.; MOORE, A. D.; MCLAREN, J.; VAN BUUREN, N.; STAHL, P.; CHRISTIE, K.; THYLMANN, D. REHL, T. Carbon footprint of milk production from dairy cows in Australia. **International Dairy Journal**. v.37, p. 31-38, 2014.
- GOMES, A. S.; PIRES, M.M.; ALMEIDA, V.M.; ROSADO, P.L.; SANTOS, P.R.P; SÃO JOSÉ, A.R. Desenvolvimento rural da região sudoeste da Bahia: uma análise a partir de índices. **Informe Gepec**, Toledo v. 14, n. 1, p. 24-38. 2010.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; CASTANHEIRA, E.G.; DIAS A.C.; ARROJA, L. **Environmental life cycle assessment of a dairy product: The yoghurt**. *International Journal of Life Cycle Assessment* 18, 796–811, 2013a.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, S.; CASTANHEIRA, E.G.; DIAS A.C.; ARROJA, L. **Using Life Cycle Assessment methodology to assess UHT milk production in Portugal**. *Science of the Total Environment* v. 442, p. 225–234. 2013b.
- GOUVINHAS, R.P. Estratégias de organização para o desenvolvimento sustentável – motivadores mercadológicos para o desempenho ambiental. In: Adissi, P.J. *Gestão Ambiental de unidades produtivas*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- GUERCI, M.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; SANDRUCCI, A.; PENATI, C.; TAMBURINI, A. Effect of farming strategies on environmental impact of intensive dairy farms in Italy. **Journal of Dairy Research**. v. 80, p. 300–308, 2013.
- GUERCI, M.; KNUDSEN, M. T.; BAVA, L.; ZUCALI, M.; SCHÖNBACH, P.; KRISTENSEN, T. Parameters affecting the environmental impact of a range of dairy

- farming systems in Denmark, Germany and Italy. **Journal of Cleaner Production**. v. 54, p. 133-141, 2013.
- GUINÉE, J. B.; GORRÉE, M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R.; KONING, A. DE; OERS, L. VAN; WEGENER SLEESWIJK, A.; SUH, S.; UDO DE HAES, H. A.; BRUIJN, H. DE; DUIN, R. VAN; HUIJBREGTS, M. A. J. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa: Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-0228-9, Dordrecht, 692 pp. 2002.
- Haas G, Wetterich F, Geier U. Framework in agriculture on the farm level. **International Journal of Life Cycle Assessment**. v. 5, n. 6. P.:1–4. 2000.
- HENRIKSSON, M.; CEDERBERG, C.; SWENSSON, C. Carbon footprint and land requirement for dairy herd rations: Impacts of feed production practices and regional climate variations. **Animal**. v. 8, p. 1329–1338. 2014.
- HØGAAS EIDE, M. Life Cycle Assessment (LCA) of industrial milk production. **International Journal of Life Cycle Assessment** 7 (2), 115-126, 2002.
- HOSPIDO, A; MOREIRA, MT; FEIJOO, G. Simplified life cycle assessment of Galician milk production. **International Dairy Journal** 13, 783–796, 2003.
- HUANG, J; XU, C; RIDOUTT, B.G.; LIU, J; ZHANG, H; CHEN, F; LI, Y. Water availability footprint of milk and milk products from large-scale dairy production systems in Northeast China. **Journal of Cleaner Production** 79, 91-97, 2014.
- HUYSVELD, S.; VAN LINDEN, V.; MEESTER, S.; PEIREN, N.; MUYLLE, H.; LAUWERS, L.; DEWULF, J. Resource use assessment of an agricultural system from a life cycle perspective – a dairy farm as case study. **Agricultural Systems**. v. 135, p. 77–89, 2015.
- IBGE - INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**, 2006.
- IBGE - INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária municipal**. Rio de Janeiro, v. 40, p.1-71, 2012.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística da Produção Pecuária – Dezembro de 2015**. 2015.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística da Produção Pecuária**. 2010.

- IDF – International Dairy Federation. A Common Carbon Footprint approach for Dairy, The IDF Guide to Standard Life cycle. Bulletin of International Dairy Federation Report No.: 445. 2010a.
- IDF – International Dairy Federation. The World Dairy Situation 2010. Bulletin of International Dairy Federation Report No.: 446. 2010b.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use - **Emissions From Livestock and Manure Management**. v. 4, cap 10. 2006a.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use - **N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application**. v. 4, cap 11. 2006b.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 14001. Environmental Management – **Environmental management systems — Requirements with guidance for use**, 2015. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:en>. Acesso em: 27/01/2016.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 14040. Environmental Management – **Life Cycle Assessment – Principles and Framework**, 2006.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 14044. Environmental Management – **Life Cycle Assessment – Requirements and guidelines**, 2006.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 14047. Environmental management - **Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations**. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:tr:14047:ed-2:v1:en> Acesso em: 22/01/2016.
- KIEFER, L.R.; MENZEL, F.; BAHRS, E. Integration of ecosystem services into the carbon footprint of milk of South German dairy farms. **Journal of Environmental Management**. v.152, p. 11-18, 2015.
- KIEFER, L.R.; MENZEL, F.; BAHRS, E. The effect of feed demand on greenhouse gas emissions and farm profitability for organic and conventional dairy farms. **Journal of Dairy Science**. v. 97, p. 7564–7574, 2014.
- LÉIS, C.M. de. **Desempenho ambiental de três sistemas de produção de leite no sul do Brasil pela abordagem da Avaliação do Ciclo de Vida**. Tese (Doutorado).

- Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis, SC. 2013.
- LÉIS, C.M.; CHERUBINI, E.; RUVIARO, C.F.; SILVA, V.P.; LAMPERT, V.N.; SPIES, A.; SOARES, S.R. Carbon footprint of milk production in Brazil: a comparative case study. **International Journal of Life Cycle Assessment**. 2014.
- MADERI, T.R. **Diagnóstico da gestão integrada em indústrias de laticínios do Território de Identidade do Médio Sudoeste**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga – BA. 2014
- MARTINS, P.C.; GUILHOTO, J.J.M. Leite e derivados e a geração de emprego, renda e ICMS no contexto da economia brasileira. **Munich Personal RePEc Archive – MPRA**, n. 4263, 2012. Disponível em <http://mpra.ub.uni-muenchen.de/42631/> . Acesso em: 18 de Março de 2015.
- MEIER, M.S.; STOESSEL, F.; JUNGBLUTH, N.; JURASKE, R.; SCHADER, C.; STOLZE, M. Environmental impacts of organic and conventional agricultural products - Are the differences captured by life cycle assessment? **Journal of Environmental Management**. v. 149, p. 193-208, 2015.
- MEISSNER SCHAU; MAGERHOLM FET A. LCA studies of food products as background for environmental product declarations. **International Journal of Life Cycle Assessment** v.13, n. 3, p. 255–264, 2008.
- MEUL, M.; VAN MIDDELAAR, C.E.; DE BOER I.J.M.; VAN PASSEL, S.; FREMAUT, D.; HAESAERT, G. Potential of life cycle assessment to support environmental decision making at commercial dairy farms. **Agricultural Systems**. v. 131, p. 105–115, 2014.
- NASCIMENTO, P.V.N. **Diagnóstico técnico-econômico de propriedades leiteiras no território de Identidade de Itapetinga – Bahia**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2011.
- NGUYEN, T.T.H.; DOREAU, M.; CORSON, M.S.; EUGÈNE, M.; DELABY, L.; CHESNEAU, G.; GALLARD, Y.; VAN DER WERF, H.M.G. Effect of dairy production system, breed and co-product handling methods on environmental impacts at farm level. **Journal of Environmental Management**. v. 120, p. 127 – 137. 2013.
- O'BRIEN, D.; BRENNAN, P.; HUMPHREYS, J.; RUANE, E.; SHALLOO, L. An appraisal of carbon footprint of milk from comercial grass-based dairy farms in Ireland according to a certified Life Cycle Assessment methodology. **International Journal of Life Cycle Assessment**.v.19, p. 1469–1481, 2014.

- O'BRIEN D, SHALLOO L, PATTON J, BUCKLEY F, GRAINGER C, WALLACE M. A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. **Agricultural Systems** v.107, p. 33–46, 2012.
- OLSZENSWSKI, F.T. **Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semi extensivo e intensivo: estudo aplicado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.
- OLSZENSWSKI, F.T.; SILVA JR, V.P.; MEIRELES, S.; LEIS, C.M.; LENZI, F.S.; SOARES, S.R. **Avaliação do Ciclo de Vida da produção de leite em mesorregiões de Santa Catarina**. In: Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida, II. Anais... Florianópolis, SC, 2010.
- ORAM, B. Conversion Factors for Water Quality. **Water Research Center**. Disponível em: <http://www.water-research.net/index.php/conversion-factors-for-water-quality> . Acesso em 04 de Janeiro de 2016.
- PATÊS, N.M.S.; FIGUEIREDO, M.P.; PIRES, A.J.V; CARVALHO, G.G.P; SILVA, F.F; FRIES, D.D.; BONOMO, P.; ROSA, R.C.C. Aspectos produtivos e sanitários do rebanho leiteiro nas propriedades do sudoeste da Bahia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. Salvador, v.13, n.3, p.825-837, 2012.
- PEDREIRA, M.S.; PRIMAVERSI, O. Quantificação das emissões e nutrição para redução da produção de metano por bovinos. In: **Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. 2011.
- PEDREIRA, M.S.; PRIMAVERSI, O.; LIMA, M.A.; FRIGHETTO,R.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI,T.T. Ruminant methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba,v.66, n.6, p. 742-750, 2009.
- PELLETIER, N.; TYEDMERS, P. An ecological economic critique of the use of market information in life cycle assessment research. **Journal of Industrial Ecology**. v. 15, p. 342–354, 2011.
- RAFIEE, S.; KHOSHNEVISAN, B.; MOHAMMADI, I.; AGHBASHLO, M. MOUSAZADEH, M.; CLARK, S. Sustainability evaluation of pasteurized milk production with a life cycle assessment approach: An Iranian case study. **Science of the Total Environment**. v. 562, p. 614–627, 2016.
- RAMIREZ, P.K.S. Análise de Métodos de Alocação Utilizados em Avaliação do Ciclo de Vida. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

- RAMIREZ, P.K.S.; SOARES, S.R.; DE SOUZA, D.M.; DA SILVA JUNIOR, V.M. Allocation Methods in Life Cycle Assessment: A Critical Review. **15th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering: Conference Proceedings**. LCE. 2008.
- RANASINGHE, E.S.S.; KARUNARATHNE, C.L.S.M.; BENERAGAMA, C.K.; WIJESOORIYA, B.G.G. Human Urine as a Low Cost and Effective Nitrogen Fertilizer for Bean Production. **Procedia Food Science**. v. 6, p. 279–282, 2016.
- ROER, AG.; JOHANSEN, A.; BAKKEN, A. K.; DAUGSTAD, K.; FYSTRO, G.; STRØMMANA, A. H. Environmental impacts of combined milk and meat production in Norway according to a life cycle assessment with expanded system boundaries. **Livestock Science**, v. 155, p. 384-396. 2013.
- ROSS, S.A.; CHAGUNDA, M.G.G; TOPP, C.F.E.; ENNOS, R. Effect of cattle genotype and feeding regime on green house gas emissions intensity in high producing dairy cows. **Livestock Science**. v. 170, p. 158–171, 2014.
- ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; XU, Q.; OKADAME, H.; NAKAMURA, N.; SHIINA, T. **A review of life cycle assessment (LCA) on some food products**. Journal of Food Engineering, v.90, p.1-10, 2009.
- SANTOS, G.T. et al. Importância do manejo e considerações econômicas na criação de bezerras e novilhas. In: **II Sul- Leite: Simpósio sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil**, p.239-267, 2002.
- SANTOS, L.M.M. **Avaliação ambiental de processos industriais**. 2 ed. São Paulo: Signus Editora, 2006. 130p.
- SANTOS, M. V. Ocitocina injetável durante a ordenha - solução ou complicação? **Inforleite**. Sorocaba-SP, p.40 - 42, 2013
- SEAGRI. Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura da Bahia. **Nota Técnica**. 2009. Disponível em: http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/not_notatecnicaleite.pdf. Acesso em 17 de Abril de 2015.
- SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. **Anuário Estatístico da Bahia**.v. 27, p. 1 - 696. Salvador. 2014.
- SILVA, E.M.; ROSTON, D. M. Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.67-73, 2010.

- SLADE, E.M.; RIUTTA, T.; ROSLIN, T.; TUOMISTO, H.L. The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming. **Scientific Reports** | 6:18140 | DOI: 10.1038/srep18140.2016. Disponível em: www.nature.com/scientificreports/.
- SONESSON, U.; BERLIN, J. Environmental impact of future milk supply chains in Sweden: a scenario study. **Journal of Cleaner Production**. v.11, n.3, p. 253-266, 2003.
- STEEN, I. **Phosphorus availability in the 21st century management of a non-renewable resource. Phosphorus and Potassium**, 217, 1998. Disponível em < <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/phosphate-recovery/p&k217/steen.htm> >. Acesso em: 18/04/2016.
- THOMA, G.; POPP, J.; SHONNARD, D.; NUTTER, D.; MATLOCK, M.; ULRICH, R.; KELLOGG, W.; KIM, D.S.; NEIDERMAN, Z.; KEMPER, N.; ADOMD, F.; EAST, C. Regional analysis of greenhouse gas emissions from USA dairy farms: A cradle to farm-gate assessment of the American dairy industry circa 2008. **International Dairy Journal**. v. 31, p. S29-S40, 2013.
- THOMASSEN, M.A.; DE BOER, I.J.M. Evaluation of indicators to assess the environmental impact of dairy production systems. **Agriculture, Ecosystems e Environment**. v.111, n. 1-4, p. 185-199, 2005.
- THOMASSEN, M.A.; VAN CALKER, K.J.; SMITS, M.C.J.; IEPEMA, G.L.; DE BOER, I.J.M. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. **Agricultural Systems**. v. 96, n.1-3, p. 95-107, 2008a.
- THOMASSEN, MA; DOLMAN, MA; VAN CALKER, KJ; DE BOER, IJM; Relating life cycle assessment indicators to gross value added for Dutch dairy farms. **Ecological Economics**. v. 68, 2278 – 2284, 2008b.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - SETAC Life Cycle Initiative. **Life Cycle Approaches - The road from analysis to practice**. 2005.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Tracking process: implementing sustainable consumption policies. 2002.
- VAN DER WERF, HMG; KANYARUSHOKI, C; CORSON, MS. An operational method for the evaluation of resource use and environmental impacts of dairy farms by life cycle assessment. **Journal of Environmental Management** 90, 3643-3652, 2009.
- VIGON, B.W.; TOLLE, D.A.; CORNABY, B.W.; LATHAM, H.C.; HARRISSON, C.L.; BOGUSKI, T.L.; HUNT, R.G.; SELLERS, J.D. **Life-Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles**. United States Environmental Protection Agency. 1993.

- WILLERS, C.D.; FERRAZ, S.P.; CARVALHO, L.S.; RODRIGUES, L.B. Determination of indirect water consumption and suggestions for cleaner production initiatives for the milk-producing sector in a Brazilian middle-sized dairy farming. **Journal of Cleaner Production**.v. 72, p. 146 – 152. 2014.
- WILLERS, C.D.; MARANDUBA, H.L.; ALMEIDA NETO, J.A.; RODRIGUES, L.B. Environmental Impact assessment of a semi-intensive beef cattle production in Brazil's Northeast. **International Journal of Life Cycle Assessment**. DOI 10.1007/s11367-016-1062-4. 2016.
- WILLERS, C.D.; RODRIGUES, L.B.; SILVA, N. de L. **Inventário de Ciclo de Vida da Produção de Leite em uma unidade experimental em Itapetinga-BA**. In: 2º Congresso Brasileiro em Gestão de Ciclo de Vida em Produtos e Serviços, p 179-184, Florianópolis, 2010.
- XAVIER, J.H.V.; CALDEIRA-PIRES, A.; ZOBY, J.L.F.; GASTAL, M.L. Análise de ciclo de vida (ACV) de sistemas de produção da agricultura familiar em Unaí, MG: Resultados econômicos e impactos ambientais. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 547-586. 2005.
- YAN, MJ; HUMPHREYS, J; HOLDEN, NH. An evaluation of life cycle assessment of European milk production. **Journal of Environmental Management** 92, 372-379, 2011.
- YAN, MJ; HUMPHREYS, J; HOLDEN, NH. The carbon footprint of pasture-based milk production: Can white clover make a difference? **Journal of Dairy Science**. v. 96, n. 2, p. 857–865, 2013.

APÊNDICE A: Quantificação dos insumos para elaboração do inventário

ALIMENTAÇÃO					
Composição	%	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Cálcio	1,45	23,78	kg	0,000203942	kg/l
Fósforo	0,65	10,66	kg	9,14221E-05	kg/l
Mat. Mineral	3,5	57,4	kg	0,000492273	kg/l
Mat. Fibrosa	4	65,6	kg	0,000562598	kg/l
Ext. Etéreo	2,5	41	kg	0,000351623	kg/l
Proteína Bruta	20	328	kg	0,002812988	kg/l
Umidade	13	213,2	kg	0,001828442	kg/l
	Qtidade/kg de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Enxofre	1,2	1968	g	0,016877927	g/l
Magnésio	0,34	557,6	g	0,004782079	g/l
Cobalto	0,6	984	mg	0,008438963	mg/l
Cobre	20	32800	mg	0,281298777	mg/l
Ferro	25	41000	mg	0,351623471	mg/l
Iodo	1,25	2050	mg	0,017581174	mg/l
Manganês	75	123000	mg	1,054870414	mg/l
Selênio	0,6	984	mg	0,008438963	mg/l
Zinco	95	155800	mg	1,336169191	mg/l
Antioxidante (Etoxin)	10	16400	mg	0,140649389	mg/l
	Qtidade/kg de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Cálcio	152	91200	g	0,782147819	g/l
Enxofre	12	7200	g	0,061748512	g/l
Fósforo	45	27000	g	0,23155692	g/l
Magnésio	6	3600	g	0,030874256	g/l
Sódio	163	97800	g	0,838750622	g/l

Cobalto	50	30000	mg	0,257285467	mg/l
Cobre	1000	600000	mg	5,145709336	mg/l
Ferro	1100	660000	mg	5,66028027	mg/l
Flúor	450	270000	mg	2,315569201	mg/l
Iodo	60	36000	mg	0,30874256	mg/l
Manganês	950	570000	mg	4,888423869	mg/l
Selênio	10	6000	mg	0,051457093	mg/l
Zinco	4000	2400000	mg	20,58283734	mg/l
	%	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Proteína Bruta	20	30	kg	0,000257285	kg/l
Fósforo	0,6	0,9	kg	7,71856E-06	kg/l
Cálcio	1	1,5	kg	1,28643E-05	kg/l
NDT	77	115,5	kg	0,000990549	kg/l
	%	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Cálcio	1,5	21	kg	0,0001801	kg/l
Extrato Etéreo	2,5	35	kg	0,000300166	kg/l
Fósforo	0,2	2,8	kg	2,40133E-05	kg/l
Matéria Fibrosa	5	70	kg	0,000600333	kg/l
Matéria Mineral	1	14	kg	0,000120067	kg/l
Proteína Bruta	8	112	kg	0,000960532	kg/l
Umidade (Máx)	12	168	kg	0,001440799	kg/l

HERBICIDAS/INSETICIDAS/FORMICIDAS/PESTICIDAS/MATERIAL DE LIMPEZA					
Composição	Qtidade/kg de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Thiamethoxan	0,1	0,02	kg	1,71524E-07	kg/l
Z-9-tricosene (atrativo sexual)	0,0005	0,0001	kg	8,57618E-10	kg/l
Veículo q.s. p.	1	0,2	kg	1,71524E-06	kg/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Fluazuron	25	25	g	0,000214405	g/l
Veículo q.s. p.	1	1	L	8,57618E-06	l/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Concentrado de iodophor	112,5	450	g	0,003859282	g/l
Ácido fosfórico	150	600	g	0,005145709	g/l
Veículo q.s. p.	1	4	L	3,43047E-05	l/l
	%	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Fipronil	1	0,01	L	8,57618E-08	l/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Cipermetrina	150	150	g	0,001286427	g/l
Clorpirifós	250	250	g	0,002144046	g/l
Butóxido de Piperonila	150	150	g	0,001286427	g/l
Citronelal	10	10	g	8,57618E-05	g/l
Veículo q.s.p.	1	1	L	8,57618E-06	l/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Cloreto de alquildimetilbenzil amônio (100%)	300	300	g	0,002572855	g/l
Poliexietilenonilfenileter	50	50	g	0,000428809	g/l
Veículo q.s.p.	1	1	L	8,57618E-06	l/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Cipermetrina	150	150	g	0,001286427	g/l

Clorpirifós	250	250	g	0,002144046	g/l
Citronelal	10	10	g	8,57618E-05	g/l
Veículo q.s.p.	1	1	L	8,57618E-06	l/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Fluazuron	30	1050	g	0,009004991	g/l
Abamectina	5	175	g	0,001500832	g/l
Veículo q.s.p.	1	35	L	0,000300166	l/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
NICOSSULFUROM	40	200	g	0,001715236	g/l
Outros ingredientes	912	4560	g	0,039107391	g/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Deltametrina base	25	625	g	0,005360114	g/l
Veículo q.s.p.	1	25	L	0,000214405	l/l

MEDICAMENTOS					
Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Albendazolemicronizado	100	100	g	0,000857618	g/l
Veículo q.s.p.	1	1	L	8,57618E-06	l/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Oxitetraciclina	200	370	g	0,003173187	g/l
Diclofenaco de sódio	10	18,5	g	0,000158659	g/l
Veículo q.s.p.	1	1,85	L	1,58659E-05	l/l
	%	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Ivermectina	0,08	0,0016	g	6,86095E-07	g/l
	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Diaceturato de 4,4' diazaminodibenzamidina	7	1,26	g	1,0806E-05	g/l
Veículo q.s.p.	1	0,18	L	1,54371E-06	l/l

	Qtde/litro de produto	Total	Unidade	Qtde/litro de leite	unidade
Tintura de ThuyaOccidentalis	18	54,9	g	0,000470832	g/l
Ácido Salicílico	50	152,5	g	0,001307868	g/l
Ácido láctico	50	152,5	g	0,001307868	g/l
Fenol	10	30,5	g	0,000261574	g/l
Álcool a 70° GL q.s.p	1	3,05	L	2,61574E-05	l/l
Composição	Qtde/litro de produto	Total	Unidade	Qtde/litro de leite	unidade
Retinol(Vit.A)	20000000	20000000	UI	171,5236445	UI/l
Tocoferol (Vit.E)	500	500	UI	0,004288091	UI/l
Colecalciferol (Vit.D3)	10000000	10000000	UI	85,76182227	UI/l
Selenito de Sódio	600	600	mg	0,005145709	mg/l
Gluconato de Manganês	1000	1000	mg	0,008576182	mg/l
Gluconato de Magnésio	5000	5000	mg	0,042880911	mg/l
Gluconato de Cobalto	1000	1000	mg	0,008576182	mg/l
Gluconato de Cálcio	8000	8000	mg	0,068609458	mg/l
Gluconato de Cobre	1500	1500	mg	0,012864273	mg/l
Gluconato de Zinco	1500	1500	mg	0,012864273	mg/l
Iodeto de Potássio	2000	2000	mg	0,017152364	mg/l
L-Arginina	300	300	mg	0,002572855	mg/l
L-Metionina	400	400	mg	0,003430473	mg/l
L-Lisina	300	300	mg	0,002572855	mg/l
L-Glicina	600	600	mg	0,005145709	mg/l
Citrato de Ferro Amoniacal	3500	3500	mg	0,030016638	mg/l
Glicerofosfato de Sódio	20000	20000	mg	0,171523645	mg/l
Veículo q.s.p	1	1	L	8,57618E-06	l/l
Composição	Qtde/litro de produto	Total	Unidade	Qtde/litro de leite	unidade
Gluconato de cálcio	166	199,2	g	0,001708375	mg/l
Ácido bórico	34	40,8	g	0,000349908	mg/l

Hipofosfito de magnésio	30	36	g	0,000308743	mg/l
Dextrose anidra	50	60	g	0,000514571	mg/l
Clorocresol	1	1,2	g	1,02914E-05	mg/l
Veículo q.s.p.	1	1,2	L	1,02914E-05	l/l
Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Vitamina B1	30	210	mg	0,001800998	mg/l
Vitamina B2 fosfato	200	1400	mg	0,012006655	mg/l
Vitamina B6	30	210	mg	0,001800998	mg/l
Vitamina B12	20	140	mg	0,001200666	mg/l
Nicotimida	2400	16800	mg	0,144079861	mg/l
Dextrose Anidra	60000	420000	mg	3,601996535	mg/l
Cloreto de Sódio	4000	28000	mg	0,240133102	mg/l
Cloreto de Potássio	500	3500	mg	0,030016638	mg/l
Cloreto de Potássio	398	2786	mg	0,023893244	mg/l
Cloreto de Magnésio 6 H2O	342	2394	mg	0,02053138	mg/l
DL Metionina	6000	42000	mg	0,360199654	mg/l
Cloreto de Colina	3000	21000	mg	0,180099827	mg/l
Água para injetáveis q.s.p	1	7	L	6,00333E-05	l/l
Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Fenitrothion	68	102	g	0,000874771	g/l
Veículo q.s.p.	1	1,5	L	1,28643E-05	l/l
Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Ocitocina sintética	10	27,5	UI	0,000235845	UI/l
Veículo q.s.p	1	1	L	8,57618E-06	l/l
Composição	Qtidade/kg de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Coumafós	30	18	g	0,000154371	g/l
Propoxur	20	12	g	0,000102914	g/l
Excipiente corado q.s.p	1000	600	g	0,005145709	g/l

Composição	Qtidade/kg de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Cefalexina (Monohidratada)	10	4,8	g	4,11657E-05	g/l
Neomicina (Sulfato)	10	4,8	g	4,11657E-05	g/l
Prednisolona (Micronizada)	1	0,48	g	4,11657E-06	g/l
Veículo q.s.p.	1	0,48	kg	4,11657E-06	kg/l
Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Tilosina (sob forma base)	200	300	g	0,002572855	g/l
Veículo q.s.p.	1	1,5	L	1,28643E-05	l/l
Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Cefoperazone sódico	25	53	g	0,000454538	g/l
Excipiente, q.s.p	1	2,12	kg	1,81815E-05	kg/l
Composição	Qtidade/kg de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Gentamicina (sulfato)	40	41,6	g	0,000356769	g/l
Excipiente q.s.p	1	1,04	kg	8,91923E-06	kg/l
Composição	Qtidade/1/2 l de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Frutose	50	100	g	0,000857618	g/l
Cloreto de sódio	4,3	8,6	g	7,37552E-05	g/l
Cloreto de potássio	0,42	0,84	g	7,20399E-06	g/l
Cloreto de cálcio	0,12	0,24	g	2,05828E-06	g/l
Cloreto de magnésio	0,1	0,2	g	1,71524E-06	g/l
Bicarbonato de sódio	0,24	0,48	g	4,11657E-06	g/l
Vitamina B-1	0,02	0,04	g	3,43047E-07	g/l
Vitamina B-2	0,06	0,12	g	1,02914E-06	g/l
Vitamina B-6	0,03	0,06	g	5,14571E-07	g/l
Vitamina B-12	8000	16000	mcg	0,137218916	mcg/l
Nicotinamida	3000	6000	mg	0,051457093	mg/l
Inositol	4000	8000	mg	0,068609458	mg/l
Água destilada	500	1000	ml	0,008576182	ml/l

Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Iodo ativo	100	100	g	0,000857618	g/l
Veículo q.s.p	1	1	L	8,57618E-06	l/l
Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
M.M.D.H.(Monometiloldimetilhidantoína)	275	440	g	0,00377352	g/l
Veículo q.s.p.	1	1,6	L	1,37219E-05	l/l
Propelente: Butano.					
Composição	Qtidade/kg de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Fenitrothion	52,5	13,125	kg	0,000112562	kg/l
Essência de Citronela	20	5	kg	4,28809E-05	kg/l
Violeta d Genciana	5	1,25	kg	1,07202E-05	kg/l
Óxido de Zinco	150	37,5	kg	0,000321607	kg/l
Excipiente..q.s.p	1	0,25	kg	2,14405E-06	kg/l
Composição	Qtidade/kg de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
Alcatrão vegetal	540	270	kg	0,002315569	kg/l
Triclorfon	7,5	3,75	kg	3,21607E-05	kg/l
Excipiente q.s.q	1	0,5	kg	4,28809E-06	kg/l
Composição	Qtidade/litro de produto	Total	Unidade	Qtidade/litro de leite	unidade
NITROGÊNIO	0,807	32,28	kg	0,000276839	kg/l

APÊNDICE B: Insumos conforme lançados no SimaPro®

Trocas de unidades de processo				
Nome		Qdade	Unidade	Considerações
Produto de referência				
Leite		1,0	kg	
Recursos				
CONCENTRADO				
Input	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Cálcio	Calcium	0,786	kg	Calculado
Fósforo	Phosphorus	0,233	kg	
Enxofre	Sulfur	0,247	g	
Magnésio	Magnesium	0,175	g	
Cobalto	Cobalt	1,007	mg	
Cobre	Copper	17,93	mg	
Ferro	Iron	19,44	mg	
Iodo	Iodine	2,224	mg	
Manganês	Manganese	21,7	mg	
Selênio	Selenium	0,264	mg	
Zinco	Zinc	75,72	mg	
Flúor	Fluorine	2,3156	mg	
Sódio	Sodium	1,673	g	
Cloreto de sódio	Sodium chloride	0,314	mg	
Cloreto de potássio	Potassium chloride	0,037	mg	
Cloreto de magnésio	Magnesium chloride	0,022	mg	
Cloreto de cálcio	Calcium chloride	0,026	mg	
Carbonato de sódio	Sodium carbonate	0,004	mg	
Zinco	Zinc	0,32	g	
Flúor	Fluorine	7,87	mg	
Energia elétrica	Electricity, low voltage {BR} market for Alloc Def, S	0,05	kWh	Estimado
PASTAGEM				
Input	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Fertilização	Fertilising, by broadcaster {GLO} market for Alloc Def, S	0,0014	ha	Simulação das operações agrícolas realizadas na produção da pastagem
Ureia	Urea, as N {GLO} market for Alloc Def, S	0,62	kg	Estimado
Fosfato	Phosphate fertiliser, as P2O5 {GLO} market for Alloc Def, S	0,14	kg	
Irrigação	Irrigation {BR} market for	0,515	m ³	Estimativa do

	Alloc Def, S			consumo de energia elétrica na irrigação
Uso da terra	Land use II-III	0,06	m ² a	Estimado
Sementes	Grass, at dairy farm/NL Economic	0,566	g	
Pesticidas; Herbicidas; Formicidas; Inseticidas	Phosphoric acid ETHS	0,0051	g	Calculado
	Pyrethroid-compound {GLO} market for Alloc Def, S	0,008	g	
	Organophosphorus-compound, unspecified {GLO} market for Alloc Def, S	0,15	g	
	2-methyl-1-butanol {GLO} market for Alloc Def, S	0,00018	g	
	Benzal chloride {GLO} market for Alloc Def, S	0,0026	g	
	Ethoxylated alcohol (AE11) {GLO} market for Alloc Def, S	0,00043	g	
	Pyridine-compound {GLO} market for Alloc Def, S	0,0017	g	
	Phenol E	0,0003	g	
	Ethanol, from ethene, at plant/RER Economic	0,02	g	
	Boric acid, anhydrous, powder {GLO} market for Alloc Def, S	0,0003	g	
	Phosphane {GLO} market for Alloc Def, S	0,0003	mg	
	O-cresol {GLO} market for Alloc Def, S	0,00001	mg	
[thio]carbamate-compound {GLO} market for Alloc Def, S	0,1	mg		
Output	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Óxidos de nitrogênio	Nitrogen oxides	1,1	kg	Estimativa com base no Vol 4 Cap11 IPCC – Emissões da fertilização com ureia - gerenciamento do solo
Polietileno	Polyethylene waste	2,5	g	Estimativa da geração de resíduos de PEBD do descarte das embalagens de fertilizantes, medicamentos, etc.

ORDENHA				
Input	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Água	Water, river, BR	523,27	l	Estimativa da água utilizada para dessedentação animal e limpeza dos equipamentos e da sala de ordenha
Cloro	Chlorine	0,047	g	Estimativa das pastilhas de cloro usadas na desinfecção da água usada para higienização da ordenhadeira mecânica
Detergente	Alkylbenzene sulfonate, linear, petrochemical {GLO} market for Alloc Def, S	0,1326	g	Estimativa do detergente utilizado na lavagem dos utensílios da ordenha
Ordenha	Milking {GLO} market for Alloc Def, S	1	kg	Estimativa do consumo de energia elétrica pelo uso da ordenhadeira mecânica
Output	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Seringas	Propylene glycol waste	0,0225	g	Estimativa dos resíduos das seringas usadas na aplicação de ocitocina sintética
Papel toalha	Paper, wood containing, lightweight coated {RER} market for Alloc Def, S	0,13	g	Estimativa dos resíduos de papel toalha usadas na secagem das tetas antes da ordenha
PVC	Polyvinyl chloride waste	3,4	mg	Estimativa dos resíduos de PVC dos bicos de mamadeira
Polietileno	Polyethylene waste	3,77	mg	Estimativa dos resíduos das mamadeiras
Poliestireno	Polystyrene waste	3,43	mg	Estimativa dos resíduos das caixas de isopor usada no armazenamento
Propileno	Propylene glycol waste	0,1012	g	

				dos medicamentos
Fósforo	Phosphorus	60,19	mg	Estimativa do efluente da ordenha
Nitratos	Nitrate	270,48	mg	
DQO	COD, Chemical Oxygen Demand	4,3925	mg	
SILAGEM				
Input	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Milho	Corn, at field/kg/US	0,09	kg	Estimado
Uso da terra	Land use II-III	0,001525	m ² a	
Ureia	Urea, as N {GLO} market for Alloc Def, S	0,126	mg	
Fosfato	Phosphate fertiliser, as P2O5 {GLO} market for Alloc Def, S	0,124	mg	
Outputs	Lançamento no SimaPro®			
Óxidos de nitrogênio	Nitrogen oxides	0,069	mg	Estimativa com base no Vol 4 Cap11 IPCC – Emissões da fertilização com ureia - gerenciamento do solo
TRANSPORTE				
Input	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Caminhão tanque	Transport, truck 10-20t	0,0105	tkm	Transporte do leite ao laticínio
Caminhonete	Small lorry transport	0,0105	tkm	Transporte dos insumos para a fazenda
ANIMAIS				
Input	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Vermífugos	Benzimidazole-compound {GLO} market for Alloc Def, S	0,0009	g	Estimado
Output	Lançamento no SimaPro®	Qdade	Unidade	Considerações
Metano	Methane	0,0295	kg	Vol4Cap10IPCC - Emissões da fermentação entérica e do gerenciamento de dejetos