



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
CENTRO DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO SOCIOAMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PECUÁRIA DE  
CORTE SEMI-INTENSIVA**

Camila Daniele Willers

Itapetinga - Bahia  
2014

# **Avaliação dos impactos ambientais da pecuária de corte semi-intensiva**

Camila Daniele Willers

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, área de concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientador: Luciano Brito Rodrigues  
Co-orientador: Cristiano Alves da Silva

Itapetinga - Bahia

2014

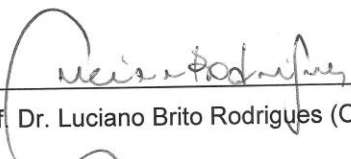
CAMILA DANIELE WILLERS


**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PECUÁRIA DE CORTE  
SEMI-INTENSIVA**

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: 25/02/2014

**BANCA EXAMINADORA**

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

  
Prof. Dr. José Adolfo de Almeida Neto (UESC)

  
Prof. Dr. Márcio dos Santos Pedreira (UESB)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por esta oportunidade de realizar o mestrado em ciências ambientais na UESB, pela conclusão desse, e por todas as conquistas que ocorreram neste momento;

Aos meus pais, Maria Isabel Willers e Paulo Cesar Raymundo Willers, que sempre me apoiaram e acompanharam em todas as decisões, dificuldades e realizações dos sonhos;

Ao meu marido Luciano Alex Barbosa Guimarães, um companheiro para o caminho da vida;

À minha família e amigos pelo incentivo em todos os momentos;

À minha amiga Samantha Pereira Ferras, que auxiliou principalmente nos momentos críticos do trabalho;

Ao meu orientador, professor Luciano Brito Rodrigues, pela amizade, motivação, dedicação, competência e orientação, não só no mestrado como na vida profissional;

Ao proprietário das fazendas em que foi realizada a pesquisa, por sua disponibilidade, paciência e orientação;

À Coordenação do Colegiado do Mestrado em Ciências Ambientais, por manter suas portas abertas aos alunos, aos questionamentos e por sua transparência nas decisões;

À todos que não foram mencionados, mas que colaboraram na realização desta pesquisa.

## RESUMO

WILLERS, C.D. **Avaliação dos impactos ambientais da pecuária de corte semi-intensiva**. Itapetinga – BA: UESB, 2014. 86 p. (Dissertação em Ciências Ambientais – Área de Concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento)\*

Estima-se que a região de Itapetinga possua em torno de 6.600 propriedades rurais, às quais estão ligadas pelo menos 20 mil pessoas, cuja grande maioria se dedica à pecuária. Estes números mais recentes indicam um rebanho com cerca de 900 mil cabeças de gado na região. Consequentemente, para atender a pecuária há um aumento na demanda por recursos para a produção, como água, energia e matérias-primas, ampliando também os riscos ambientais incorporados à cadeia de produção. Assim, a metodologia da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) estabelece uma visão geral das consequências ambientais da existência de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida. Deste modo, este trabalho se propõe a realizar um estudo de caso da pecuária de corte semi-intensiva de duas propriedades localizadas no sudoeste baiano. A metodologia empregada foi a estabelecida pela ISO 14040, que divide a ACV em quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação dos resultados. Os resultados indicaram que a fase mais impactante da pecuária de corte (desde a fase de cria, recria e engorda) é a fase de engorda, a qual é realizada na propriedade 2. Visto que o sistema produtivo da propriedade 1 é responsável apenas por 12% dos impactos na categoria acidificação, 10,16% na categoria eutrofização, 13,12% na categoria aquecimento global, 45,82% na categoria uso do solo e 10,77% na categoria demanda de energia acumulada. Conclui-se que o sistema produtivo da propriedade 2 é mais impactante em todas as categorias, pois em nenhuma delas o sistema produtivo da propriedade 1 excedeu os 50%. Já em relação às categorias de impacto a produção de sal mineral foi a etapa mais impactante em quase todas, com exceção apenas da categoria uso do solo, em que foi das edificações da propriedade 1.

**Palavras-chave:** Avaliação do Ciclo de Vida; Impactos Ambientais; ISO 14040; ISO 14044.

---

\* Orientador: Luciano Brito Rodrigues, *D.Sc.* UESB e Co-orientador: Cristiano Alves da Silva, *D. Sc.* UFRN

## ABSTRACT

WILLERS, C.D. **Environmental impacts Assessment of beef cattle semi-intensive.** Itapetinga – BA: UESB, 2014. 86 p. (Dissertation in Environmental Sciences - Concentration Area in Environment and Development)\*

It is estimated that the Itapetinga region has around 6,600 farms, which are linked to at least 20 thousand people, most of which is devoted to livestock. These numbers indicate a herd of around 900 thousand cattle head in the region. Consequently, to meet the livestock there is an increase in demand for resources for production, such as water, energy and raw materials, also expanding the corporate supply chain environmental risks. Thus, the methodology of Life Cycle Assessment (LCA) provides an overview of the environmental consequences of the product existence throughout its entire lifecycle. Therefore, this study aims to conduct a case study of livestock semi-intensive in two properties located in southwestern Bahia. The methodology employed was established by ISO 14040, which divides the LCA into four phases: goal and scope definition, inventory analysis, impact assessment and interpretation of results. The results indicated that the more impactful phase of beef cattle (from the stage creates, recreates and fattening) is the fattening phase, which is performed on the property 2. Whereas, the property 1 production system is responsible for only 12 % of impact category acidification, 10,16% in eutrophication category, 13,12% in the global warming category, 45,82% in land use category and 10.77% in the cumulative energy demand category. It is concluded that the property 2 productive system is more impactful in all categories, because in none of the productive system property 1 exceeded 50%. In relation to the impact categories of mineral salt production was the more impactful step in almost all, except only the land use category, which was of the buildings of the property 1.

**Keywords:** Life Cycle Assessment, Environmental Impacts, ISO 14040, ISO 14044.

---

\* Orientador: Luciano Brito Rodrigues, *D.Sc.* UESB e Co-orientador: Cristiano Alves da Silva, *D. Sc.* UFRN

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das principais metodologias de identificação, avaliação e gerenciamento de impactos ambientais.....	17
Tabela 2 - Categorias representativas de bovinos.....	45
Tabela 3 - Classificação dos animais .....	45
Tabela 4 - Coeficientes para o cálculo de energia de manutenção .....	46
Tabela 5 - Coeficiente correspondente a situação alimentar .....	47
Tabela 6 - Digestibilidade do alimento para bovinos e outros ruminantes .....	49
Tabela 7 - Valores para concentração estimada de energia líquida da dieta para bovinocultura para calcular o consumo de matéria seca.....	51
Tabela 8 - Fator de conversão do metano ( $Y_m$ ) .....	52
Tabela 9 - Uso do sistema de gerenciamento de dejetos (MS%) .....	54
Tabela 10 - Fator de emissão padrão para estimar as emissões diretas de $N_2O$ proveniente do manejo de solos.....	55
Tabela 11 - Valor do $FracGasMS$ de acordo com sistema de manejo de dejetos.....	56
Tabela 12 - Resultado dos cálculos das emissões para as Propriedades 1 e 2 .....	58
Tabela 13 - Comparação dos fatores de emissão de metano ( $kg\ CH_4*ano^{-1}*animal^{-1}$ ) em diferentes estudos.....	59
Tabela 14 - Comparação das emissões de $N_2O$ ( $kg\ N_2O*animal^{-1}$ ) em diferentes estudos	59
Tabela 15 - Inventário para a produção de 1@ de boi gordo (equivalente a 30 kg PV), no sistema de pecuária semi-extensiva .....	61
Tabela 16 - Descrição dos sistemas produtivos em estudo. ....	63
Tabela 17 - Resultado da avaliação de impacto ambiental pelo método CML 2001 modificado, para o sistema produtivo da propriedade 2, “Produção (Prop. 2)”, (em %). ...	64
Tabela 18 - Resultado da avaliação de impacto ambiental pelo método CML 2001 modificado, para o sistema produtivo da propriedade 1, “Produção (Prop. 1)”, (em %). ...	64
Tabela 19 - Resumos das características dos estudos que aplicaram a Avaliação do Ciclo de Vida na produção de carne bovina.....	65
Tabela 20 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 2), na categoria de impacto acidificação .....	66
Tabela 21 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto acidificação, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino. ....	67
Tabela 22 - Principais processos contribuintes na Produção de sal mineral (propriedade 2), na categoria de impacto eutrofização.....	69

Tabela 23 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 1), na categoria de impacto eutrofização.....	69
Tabela 24 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto eutrofização, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino. ....	71
Tabela 25 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 2), na categoria de impacto aquecimento global.....	72
Tabela 26 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 1), na categoria de impacto aquecimento global.....	73
Tabela 27 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto aquecimento global, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino. ....	74
Tabela 28 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 1), na categoria de impacto aquecimento global.....	76
Tabela 29 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto uso do solo, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino. ....	77
Tabela 30 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto demanda de energia acumulada, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino. ....	80



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo produtivo da pecuária de corte em estudo .....	36
Figura 2 - Escopo do estudo .....	39
Figura 3 - Subsistema combustíveis .....	40
Figura 4 - Subsistema transporte .....	41
Figura 5 - Subsistema energia (concessionária) .....	41
Figura 6 - Subsistema energia solar .....	41
Figura 7 - Subsistema água subterrânea.....	42
Figura 8 - Subsistema água superficial .....	42
Figura 9 - Subsistema sal mineral.....	42
Figura 10 - Subsistema defensivos agrícolas .....	43
Figura 11 - Subsistema pastagem .....	43
Figura 12 - Subsistema edificações .....	43
Figura 13 - Subsistema Propriedade 1 .....	44
Figura 14 - Subsistema Propriedade 2 .....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
@	Arroba
ABCV	Associação Brasileira de Ciclo de Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADAB	Agência de Defesa Agropecuária da Bahia
AIT	Associação das Indústrias de Itapetinga
Ca	Coefficiente da situação alimentar do animal
CBGCV	Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida
C <sub>f<sub>i</sub></sub>	Coefficiente que varia para cada categoria de animais
C <sub>g</sub>	Coefficiente de gestação
CH <sub>4</sub>	Metano
CH <sub>4</sub> Dejetos:	Emissões de CH <sub>4</sub> provenientes da gestão de dejetos
CILCA	Conferência Internacional sobre Avaliação do Ciclo de Vida
CMS	Consumo de matéria seca
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
DALY	<i>Disability Adjusted Life Year</i>
DE%	Energia digestível para o crescimento
DfE	<i>Design for Environment</i>
Ea	Energia para atividade
EB	Energia Bruta
Ec	Energia para o crescimento
Eg	Energia para gestação
E <sub>i</sub>	Emissões para as categorias e subcategorias de gado
El	Energia para lactação
Em	Energia de manutenção
Ema	Concentração estimada e energia líquida da dieta
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>

FE <sub>(T)</sub>	Fator de emissão para a população de animais
FE <sub>3(S)</sub>	Fator de emissão para as emissões diretas de N <sub>2</sub> O do sistema de manejo de dejetos S
Frac <sub>gasMS</sub>	Percentual de Nitrogênio gerenciado para T categoria de animais que volatiliza como NH <sub>3</sub> e de NO <sub>x</sub> no sistema de manejo de dejetos S
GEE	Gases de Efeito Estufa
GP	Ganho de peso médio diário dos animais na população
ha	Hectare
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
kg	Quilograma
km	Quilômetro
kW	Quilowatt
L	Litro
LCA	<i>Life Cycle Assessment</i>
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MRI	<i>Midwest Research Institute</i>
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
N <sub>(T)</sub>	Número de cabeças de animais por categoria
N <sub>2</sub> O	Óxido Nitroso
N <sub>2</sub> O <sub>D</sub>	Emissões diretas de N <sub>2</sub> O
N <sub>ex(T)</sub>	Média anual da excreção de N por cabeça de categoria animal T
NOEC	<i>No Observed Effect Concentration</i>
N <sub>volatilização</sub>	Quantidade de emissões de N <sub>2</sub> O que é perdido devido à volatilização da NH <sub>3</sub> e NO <sub>x</sub>
P+L	Produção Mais Limpa
PAF	<i>Potentially Affected Fraction</i>
PG	Percentual de gordura contida no leite

PIB	Produto Interno Bruto
Pv	Peso vivo médio dos animais na população
PV	Peso vivo do animal
REC	Razão de energia líquida disponível para o crescimento
REM	Razão de energia líquida disponível na dieta para manutenção
REPA	<i>Resource and Environmental Profile Analysis</i>
S	Sistema de gerenciamento de dejetos
T	Categoria de gado
Total CH <sub>4</sub> Entérico	Emissões totais de metano provenientes da fermentação entérica
UNEP	<i>United Nations Environment Program</i>
WBCSD	<i>World Council for Sustainable Development</i>
Y <sub>m</sub>	Fator de conversão do metano

## SUMÁRIO

RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vi
LISTA DE TABELAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS .....	x
SUMÁRIO.....	xiii
1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Objetivo Geral.....	18
1.2 Objetivos específicos .....	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	19
2.1 Sistemas de produção de gado de corte.....	19
2.2 Impactos ambientais da pecuária .....	20
2.3 Avaliação do ciclo de vida .....	24
2.3.1 Definição de objetivo e escopo.....	25
2.3.2 Análise de inventário .....	26
2.3.3 Avaliação de impactos .....	27
2.3.4 Interpretação de resultados.....	29
2.4 ACV no Brasil e sua aplicação na pecuária.....	29
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	35
3.1 Objeto de estudo .....	35
3.2 Avaliação do ciclo de vida .....	37
3.3 Objetivo e escopo.....	38
3.4 Inventário.....	56
3.5 Avaliação de impacto .....	56
3.6 Interpretação .....	57
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	58
4.1 Estimativa das emissões .....	58
4.2 Avaliação do ciclo de vida .....	60
4.2.1 Análise de inventário .....	60
4.2.2 Avaliação de impacto.....	62
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83

## 1. INTRODUÇÃO

O setor agroindustrial brasileiro é responsável por 28% do PIB – Produto Interno Bruto, 36% das exportações e 37% dos empregos e liderança mundial em produtos “commodities” (BRASIL, 2011). Pode-se afirmar que a agroindústria possui relevância no cenário econômico, social e ambiental no Brasil. Entretanto, ressalta-se que o setor, representado pelos mais diversos produtores por todo país, ocorre em vários níveis organizacionais e tecnológicos, desde propriedades de agricultura familiar e pequenas cooperativas até propriedades mecanizadas e indústrias de processamento e transformação. Essa diversidade tecnológica influi diretamente na geração de empregos, de renda e nos impactos sobre o meio ambiente.

Inserese neste contexto a microrregião de Itapetinga, localizada na região Sudoeste da Bahia (composta pelos municípios de Itapetinga, Encruzilhada, Itambé, Itarantim, Itororó, Macarani, Maiquinique, Potiraguá e Ribeirão do Largo), que tem se destacado como uma área agropastoril em virtude de seu solo e clima serem considerados de boa qualidade para pecuária (FERREIRA *et al.*, 2005). Nas décadas de 1980 e 1990 a microrregião possuía um dos maiores rebanhos bovino do Nordeste brasileiro, e especialmente Itapetinga era chamada de "A Capital da Pecuária", devido ao grande número de criadores rurais em fazendas da região, referência pela qual a cidade é conhecida até os dias atuais. Entretanto nos últimos anos, a pecuária bovina veio perdendo um pouco de sua força, mas ainda é uma das principais atividades econômicas do município. Segundo o último Censo Agropecuário realizado no Brasil em 2006, a pecuária participa com R\$ 11.200.000,00, cerca de 3,43% do PIB de Itapetinga, com uma produção de 160.000 litros de leite e 88.427 cabeças de bovinos, sendo um dos maiores rebanhos do estado. Há ainda a produção significativa de outras espécies na microrregião de Itapetinga, como 1.313 cabeças de bubalinos, 1.897 de equinos, 10.391 de ovinos, 33.998 de suínos, 4.739 de caprinos e 91.162 de aves e outros produtos como leite e ovos (IBGE, 2007).

Segundo a Agência de Defesa Agropecuária da Bahia – Adab, estima-se que a região de Itapetinga possua, atualmente, em torno de 6.600 propriedades rurais, às quais estão ligadas pelo menos 20 mil pessoas, cuja grande maioria se dedica à pecuária. Esses números mais recentes indicam um rebanho com cerca de 900 mil cabeças de gado na região, sendo o maior do estado da Bahia. Mesmo assim, há necessidade de maior apoio técnico da parte dos governos e instituições relacionadas à pesquisa e extensão na área, de modo que o setor possa se manter para superar, por exemplo, problemas como a escassez

das chuvas, o que tem exigido dos criadores um melhor aproveitamento dos recursos naturais disponíveis. Esta informação é confirmada pelo Sindicato Rural de Itapetinga que destaca como maior preocupação atual dos produtores, a necessidade da utilização de novas técnicas que possam ajudá-los no aumento da produtividade e que permitam a superação de dificuldades como a falta de água (PEIXOTO, 2010).

Itapetinga também é um dos municípios mais industrializados do estado da Bahia, com a indústria participando com 40,21% do PIB, muito acima da média estadual que é de 30,68%, colocando o município na 22ª posição, dentre 417 municípios (IBGE, 2007). A indústria de Itapetinga é representada, principalmente, pelos setores calçadista, destacando a Vulcabras/Azaléia, que gera cerca de 5 mil empregos diretos e que implantou nova dinâmica à economia local. A cidade também possui uma unidade de abate de bovinos do Grupo JBS, que é a maior empresa em processamento de proteína animal do mundo. Destaca-se ainda o ramo de laticínios, sendo o principal deles a Indústria de Laticínios Palmeira dos Índios S.A. (ILPISA/Valedourado). Há ainda outras indústrias de médio e pequeno porte, que fomentam o comércio local, ajudando o desenvolvimento do município. Estas indústrias fundaram, em 2010, a Associação das Indústrias de Itapetinga (AIT), visando fortalecer e dar maior visibilidade as ações do setor. Assim, pode-se observar que, no caso de Itapetinga, a cadeia de produtos agropecuários ocorre em todas as suas etapas, desde a pecuária até a indústria beneficiadora, englobando a criação do rebanho bovino, o abate, a produção e o processamento do leite, da carne e do couro.

Em relação ao setor agroindustrial da microrregião de Itapetinga, ressalta-se que esse é composto por grandes indústrias, cooperativas de produtores e de beneficiamento, médios e pequenos laticínios, que tem como objetivos comuns o aumento da produtividade e a melhoria na qualidade do produto com foco em manter e ampliar o mercado. Consequentemente, para atender este objetivo há um aumento na demanda por recursos para a produção, como água, energia e matérias-primas, ampliando também os riscos ambientais incorporados à cadeia de produção agroindustrial (MILINSKI *et al.*, 2008).

Diante da complexidade do setor agroindustrial, de sua importância econômica e social, de sua demanda por recursos, torna-se relevante avaliar suas interações com o meio ambiente, tais como as interferências provocadas nos ecossistemas e na propagação dos impactos ambientais. Para isso devem ser utilizadas metodologias que avaliem a

sustentabilidade<sup>1</sup> ambiental do processo produtivo, que visem identificar as etapas que demandam mais recursos naturais, tais como água, solo, etc., ou que demandam mais insumos tecnológicos e/ou energéticos. Após a identificação das principais etapas, devem ser sugeridas e/ou aplicadas soluções para mitigar os impactos ambientais decorrentes da atividade ou ainda identificar lacunas onde a técnicas de boas práticas podem ser sugeridas.

Assim devem-se utilizar metodologias que permitam a identificação dos impactos ambientais mais significativos, e que ainda sejam capazes de propor soluções para tais questões. Uma das metodologias que vem ganhando destaque nos últimos anos por permitir a melhor obtenção dos resultados, bem como sua interpretação é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Mas, além da ACV, há outras metodologias como a Produção mais Limpa, *Ecodesign*, Ecologia Industrial e Ecoeficiência (Tabela 1). No entanto, cabe salientar que a ACV pode ser utilizada como suporte para aplicação destas outras metodologias, sendo este um elo comum a todas, visto à capacidade da ACV em identificar as fontes diretas e indiretas dos impactos ambientais.

A ACV é, portanto, uma das metodologias com grande potencial e viabilidade de aplicação, a qual estabelece uma visão geral das consequências ambientais da existência de um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida. Neste contexto, entende-se por ciclo de vida, todas as etapas relacionadas com a existência do produto, desde a extração das matérias-primas necessárias à sua fabricação, sua produção, com todos os insumos necessários, seu uso com as consequências da sua utilização, as possibilidades de reciclagem e reuso após a perda da sua funcionalidade inicial, até sua disposição final. A ACV pode ainda servir como subsídio às estratégias de marketing (no caso das declarações ambientais ou rotulagens), na tomada de decisão, na melhoria ambiental do produto, na concepção do projeto ambiental do produto, na avaliação ambiental de processos e na definição políticas ambientais (ISO 14040, 2006). Esta metodologia considera as questões ambientais, sendo vantajoso para empresas poderem quantificar e comparar, de uma forma integrada o desempenho ambiental de seus produtos e estabelecerem ações proativas às pressões ambientais dos mercados (CHEHEBE, 1997; SANTOS, 2006). Enfim, a ACV identifica os pontos críticos do processo ou produto em estudo em relação à questão ambiental, indicando quais etapas requerem mais energia ou outros recursos, ou quais etapas contribuem com a maioria dos poluentes. Esta aplicação é especialmente relevante

---

<sup>1</sup> Neste trabalho, o conceito de sustentabilidade ambiental é utilizado com o seguinte significado: é a utilização racional de recursos naturais para satisfazer as necessidades atuais, sem que esse uso comprometa a disponibilidade destes recursos para as gerações futuras.



para estudos internos para dar suporte nas decisões de prevenção à poluição, conservação de recursos, e oportunidades de redução de resíduos (VIGON *et al.* 1993).

**Tabela 1 - Resumo das principais metodologias de identificação, avaliação e gerenciamento de impactos ambientais**

Metodologia	Descrição
Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)	<p>É uma metodologia que permite analisar processos e produtos, e identificar as fontes diretas e indiretas da geração de resíduos e/ou poluentes associados a esses. Esta pode ser aplicada em todos os estágios do ciclo de vida de um produto (desde a extração de matéria-prima, produção, uso até a disposição final).</p> <p>A ACV é, tanto quanto possível, quantitativa em caráter. Entretanto, quando não dá para quantificar, alguns aspectos qualitativos podem ser levados em conta, e, assim, que o impacto ambiental seja retratado da forma mais completa possível.</p> <p>Esta metodologia é aplicada em 4 fases: definição de escopo e objetivo; análise de inventário; avaliação de impacto e interpretação de resultado.</p>
Produção mais Limpa (P+L)	<p>É a aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental a processos, produtos e serviços, para aumentar a eficiência de produção e reduzir os riscos para o ser humano e o ambiente (<i>United Nations Environment Programme</i> -UNEP). Destaca-se nesse conceito a necessidade de melhoria contínua, exigindo, assim, um programa de gerenciamento para sua utilização.</p> <p>Centraliza o foco na maior eficiência no uso de materiais, energia, processos e serviços. A metodologia pode ser aplicada ao longo de todo o ciclo de vida do produto, sob essa abordagem pode se propor 4 etapas para sua utilização: substituição de matérias primas; melhorar o processo de manufatura; implicações ambientais de embalagem e distribuição do produto; e reutilização ou reciclagem no final da vida útil do produto.</p> <p>A ACV pode ser utilizada como suporte para aplicação da P+L, para identificar os pontos críticos, com maior impacto ambiental, indicando aquele com baixa eficiência, e, assim, a P+L pode propor as modificações necessárias para aumentar eficiência ou reduzir os riscos para o meio ambiente.</p>
Design for Environment (DfE) ou Ecodesign	<p><i>Ecodesign</i> examina todo o ciclo de vida de um produto e propõe alterações no projeto, de forma a minimizar seu impacto ambiental, da fabricação ao descarte. Com base na ACV, o <i>ecodesign</i> pode iniciar o projeto de um produto com conhecimento do fluxo total dos materiais, da extração à disposição final; pesquisar materiais que facilitem a reciclagem; desenvolver novas tecnologias e sistemas de produção, a fim de que o produto seja menos impactante no meio ambiente.</p>
Ecologia Industrial	<p>Ecologia Industrial é o estudo da inter-relação entre empresas, entre seus produtos e processos em escala local, regional e global. Mas, mais importante, é o estudo das interações entre os sistemas industrial e ecológico e, conseqüentemente, os efeitos ambientais que as empresas causam tanto nos componentes bióticos, como nos abióticos de ecossfera.</p> <p>O objetivo da Ecologia Industrial é transformar o caráter linear do sistema industrial em um sistema cíclico, no qual matérias-primas, energia e resíduos sejam sempre reutilizados. Esta utiliza de outras metodologias ou ferramentas para alcançar seu objetivo, como a: Produção Mais Limpa, Avaliação do Ciclo De Vida, Ecodesign, etc.</p>
Ecoeficiência	<p>De acordo com o Conselho Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (World Council for Sustainable Development- WBCSD), é o trabalho direcionado a minimizar impactos ambientais, devido ao uso reduzido de matérias primas. No entanto, é considerada pela UNEP (United Nations Environmental Programme) sinônimo de Produção Mais Limpa.</p> <p>Esta focaliza o incremento da eficiência nas reservas naturais para a produção de bens e serviços. Há uma ligação direta entre o desempenho ambiental e financeiro.</p> <p>Semelhante à Produção Mais Limpa, a ACV também pode ser utilizada como suporte para o emprego da Ecoeficiência, identificando os pontos com maior impacto ambiental, indicando a baixa eficiência do processo em estudo, e, assim, se propor as modificações necessárias para aumentar eficiência.</p>

(Adaptado de ALMEIDA e GIANNETTI, 2006)

Assim, justifica-se o emprego pioneiro da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em unidades produtivas do setor agroindustrial da microrregião de Itapetinga, Bahia, devido ao efeito multiplicador de conhecimento, como no envolvimento de empresários, produtores e funcionários do setor agroindustrial, ampliando a conscientização e o conhecimento sobre a questão ambiental, principalmente no que se refere ao uso adequado de insumos, com destaque para os recursos naturais, como também com os aspectos relacionados à prevenção da poluição.

### **1.1 Objetivo Geral**

Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo de caso da pecuária de corte semi-intensiva no estado da Bahia, utilizando a metodologia de avaliação do ciclo de vida para identificar, quantificar e avaliar os impactos ambientais da produção de 1 arroba (@) de boi gordo. Assim buscou-se a identificação de pontos críticos na pecuária de corte, visando a avaliação e proposição de melhorias para a mitigação dos impactos ambientais, sem a redução dos índices de produtividade e qualidade do produto, havendo ainda a possibilidade de melhorias destes dois últimos fatores.

### **1.2 Objetivos específicos**

- i) Caracterizar o processo produtivo da pecuária de corte, com base em um estudo de caso específico de um produtor rural de Itapetinga;
- ii) Identificar os processos mais relevantes da pecuária de corte do ponto de vista ambiental, com vistas à sua caracterização quanto aos aspectos e impactos ambientais;
- iii) Identificar os pontos críticos relacionados às questões ambientais;
- iv) Realizar a Avaliação do Ciclo de Vida processos da pecuária de corte, do estudo caso selecionado;
- v) Contribuir para a conscientização acerca dos problemas ambientais;
- vi) Propor soluções e melhorias para os problemas identificados;
- vii) Contribuir para a redução de impactos ambientais identificados, oferecendo suporte para tomada de decisões.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Sistemas de produção de gado de corte

A pecuária de corte brasileira apresenta uma ampla gama de sistemas de produção. Esses variam desde uma pecuária extensiva, suportada por pastagens nativas e cultivadas de baixa produtividade e pouco uso de insumos, até uma pecuária dita intensiva, com pastagens de alta produtividade, suplementação alimentar em pasto e confinamento. Entretanto, qualquer que seja o sistema de produção, a atividade caracteriza-se pela predominância de uso de pastagens (CEZAR *et al.*, 2005).

Estima-se que 97% dos animais abatidos são alimentados somente com pastagens. Cabe salientar que as áreas de pastagem se configuram na maior cultura agrícola do Brasil, ocupando mais de 172 milhões de hectares, aproximadamente 20% da área agricultável do território nacional (IBGE, 2007). Ainda em relação à pastagem, o IBGE (2007) estima que 56% destas são nativas e 44% cultivadas, e dentre essas últimas, 80% são gramíneas do gênero *Brachiaria*.

Assim, os sistemas de produção de gado de corte são classificados quanto ao regime alimentar nas seguintes categorias (CEZAR *et al.* 2005):

- Sistema extensivo: regime exclusivo de pastagem nativas e/ou cultivadas como única fonte de alimentos energéticos e protéicos, este sistema representa a maior parte dos sistemas produtivos de carne bovina brasileira, possuindo uma alta variação de desempenho. Tal variação é decorrente da interação entre vários fatores, como solo, clima, genótipo e manejo animal, sanidade animal, qualidade e intensidade de utilização das pastagens, além da gestão.
- Sistema semi-intensivo: regime de pastagem mais suplementação em pasto, esta suplementação pode ser constituída de milho, sorgo, aveia e milheto, farelos de soja, farelos de algodão, farelos de caroço de algodão, farelos de glúten de milho, grão de soja e uréia; e pode ser utilizada nas diversas fases de produção. Com o uso da suplementação espera-se reduzir o tempo de abate, e também traz uma solução para o período de estiagem, na qual há diminuição da produção de forragem. Assim se introduz técnicas mais eficazes de engorda, como o uso do sal protéico, que reduz as perdas de peso nos períodos de seca, e nos períodos de chuva garante ganhos adicionais de peso. Outra técnica de engorda utilizada é a suplementação com concentrado (rações compostas de alimentos energéticos e protéicos), cuja função é permitir o ganho de peso, independente da época do ano. As fontes de energia são de origem vegetal, podendo estar associadas com fontes de nitrogênio

inorgânico (uréia). Sua formulação e quantidade oferecida ao gado variam de acordo com as metas de ganho de peso. Por fim, outra característica deste sistema produtivo é a utilização de técnicas como a inseminação artificial, o uso de touros testados por desempenho reprodutivo, descarte sistemático de matrizes por escore corporal, descarte sistemático de matrizes por desempenho reprodutivo, e o cruzamento industrial (cruzamento entre indivíduos diferentes, buscando aumentar a eficiência na produção de carne).

- Sistema intensivo: pastagem mais suplementação e confinamento, nas fases de recria e engorda ou mesmo somente na fase de engorda. O gado é confinado e tratado com alimentos volumosos e concentrados, por exemplo, silagem de milho e de sorgo, a cana-de-açúcar picada, as silagens de gramíneas. Com o confinamento, espera-se reduzir o custo com a alimentação. Estima-se que 1,2% do rebanho bovino para corte seja criado em confinamento (IBGE, 2007).

Os sistemas de produção de bovinos de corte também podem ser classificados de acordo com as fases do ciclo produtivo, que são (BUNGENSTAB, 2012; MORILHAS *et al.*, 2009):

- Cria: consiste na produção de bezerros ou garrotes que são vendidos ou transferidos no desmame ou logo após o mesmo (6 a 8 meses de idade);
- Recria: corresponde à fase intermediária, na qual os bezerros ou garrotes serão os insumos e o novilho (boi magro), o produto final;
- Engorda: caracteriza-se pelo processo de desenvolvimento do novilho em boi gordo, com condições de abate.

Quando uma unidade produtiva possui essas três fases, é considerado um estabelecimento de ciclo completo, pois abrange todas as categorias animais no ciclo de produção.

## **2.2 Impactos ambientais da pecuária**

A pecuária interage com o meio ambiente de diversas formas, resultando em impactos significativos em, praticamente, todos os compartimentos ambientais, incluindo o ar e as mudanças climáticas, terra e solo, água e biodiversidade. O impacto pode ser direto, por exemplo, pela necessidade de água para a dessedentação e pela alimentação extraída do solo por meio de pastagens naturais ou cultivadas; ou indireta, como a expansão da produção de grãos, para a fabricação da ração, sobre as áreas de florestas (DIAS, *et al.*; 2008; FAO, 2006).

Visto que há diferentes sistemas de produção para a carne bovina, estes também impactam em níveis distintos o meio ambiente. Assim, a seguir, são apresentados os impactos ambientais da pecuária com base nas variáveis do sistema produtivo e nos aspectos do meio ambiente.

No sistema de exploração extensivo um dos impactos ambientais negativos mais expressivos da produção animal é gerado pelo superpastoreio, situação na qual a pastagem é submetida constantemente a um pastejo a fundo, que mantém esta sempre nos primeiros estágios de crescimento, não permitindo que atinja a fase em que ocorre o acúmulo das substâncias de reservas. Esse acúmulo é que possibilita o rápido crescimento da forrageira logo após um período de pastoreio. Mas, com a persistência dessa prática, as plantas vão ficando com o porte cada vez mais reduzido, diminuindo a quantidade de massa verde disponível para os animais por unidade de área, conseqüentemente, diminuindo a taxa de ocupação (número de animais por área) e a produtividade (MELADO, 2013).

Além disso, o superpastoreio intensifica a compactação dos solos e a subtração da cobertura vegetal, favorecendo o processo de erosão e degradação das pastagens. Como exemplo, pode-se citar o Brasil, onde, pelo menos, 70% das pastagens têm algum grau de degradação, com baixa taxa de lotação e produtividade animal (DIAS *et al.*, 2008; MCT, 2004).

Em contrapartida, a produção extensiva favorece o uso dos recursos naturais locais e promove a reciclagem dos nutrientes na própria área (PACHAURI, 2008). Os nutrientes provêm basicamente da ingestão de alimentos de produção local, mas ressalta-se que apenas uma pequena fração da energia desses é repassada ao homem pelo consumo, sendo assim, a maior parte é eliminada por meio das fezes, urina e eliminação dos gases metano, óxido nitroso e amônia (DIAS *et al.*, 2008).

As fezes e urina expelidas pelos animais depositam-se aleatoriamente ao longo das áreas de pastagem e nos recursos hídricos. Embora a incorporação desta matéria orgânica ao solo seja benéfica para sua fertilização, o mesmo não se pode assegurar com relação aos recursos hídricos, que podem ser contaminados pelo excesso desse material, causando a eutrofização<sup>2</sup> destes, principalmente quando essa atividade é desenvolvida em regiões com

---

<sup>2</sup> Eutrofização é um processo causado pelo excesso de nutrientes, ricos em fósforo e nitrogênio, na água. Estes nutrientes ocasionam um desequilíbrio na população de algas, estas acabam por bloquear a passagem da luz solar as partes mais profundas do corpo hídrico, ocasionando a morte das algas destas regiões, por não poderem realizar a fotossíntese, e assim diminuindo o oxigênio dissolvido (OD) na água nestas regiões. A diminuição do OD também provoca a morte de outras espécies, animais ou vegetais. Ressalta-se, ainda, que as algas da superfície continuam a produzir oxigênio, mas este se perde em sua maior parte para a atmosfera (SANTOS, 2006)

altas taxas de evaporação e com poucas oportunidades de renovação hídrica (DIAS *et al.*, 2008).

Em relação às emissões gases, as de metano são resultado do processo de fermentação entérica do bovino; de óxido nitroso ocorrem a partir do esterco; e as de dióxido de carbono devido às mudanças do uso da terra, principalmente pelo desmatamento, causado pela expansão de pastagens e áreas de cultivo de grãos. Esses são gases de efeito estufa (GEE) responsáveis pelo aquecimento global. Estima-se que a pecuária contribua com 18% das emissões antropogênicas de GEE, sendo 9% de dióxido de carbono, 37% de metano e 65% de óxido nitroso, segundo a *Food and Agriculture Organization - FAO* (2006).

A pecuária, também, é responsável por quase dois terços das emissões antropogênicas de amônia (64%), proveniente da volatilização desta nas fezes e urina, que contribui significativamente para a chuva ácida e acidificação<sup>3</sup> dos sistemas naturais (FAO, 2006).

Ainda sob a abordagem das emissões dos GEE, mas considerando o sistema produtivo confinado, deve-se contabilizar que, além das emissões já citadas, ocorrem ainda as emissões indiretas provenientes da produção de grãos para a formulação das rações. Para essas emissões somam-se as emissões oriundas das mudanças do uso do solo, transporte, o uso de agrotóxicos e fertilizantes. No entanto, não há um inventário completo destas contribuições indiretas da pecuária às emissões de GEE, como a contribuição da cadeia de produção que dá origem aos produtos de origem animal. Assim, constata-se que os impactos sobre o clima podem ser superiores aqueles atribuídos somente à pecuária (SCHLESINGER, 2010).

Quanto aos ecossistemas, tanto o sistema extensivo como intensivo representam uma ameaça, visto que promovem o desmatamento de grandes áreas para a formação de pastagens ou para o cultivo e fabricação de rações. Atualmente são ocupados 33% de todas as terras aráveis do planeta com a produção de pastagens e produção de ração (FAO, 2006). Quanto ao Brasil, as atividades agrícolas, florestais e pecuárias abrangeram cerca de 30% do território nacional, destes as culturas de ciclo longo e ciclo curto ocupam 9% das áreas cultivadas, as florestas plantadas 0,7%, e as pastagens 20,2% (IBGE, 2007).

---

<sup>3</sup> Acidificação é resultante da poluição atmosférica, ocorre pela deposição dos ácidos, causando uma diversidade de impactos no solo, água subterrânea, água superficial, organismos, ecossistemas e materiais. Estes impactos podem ser o aumento de morbidez de florestas, alterações das condições biológicas das águas e do solo, que através da diminuição do pH destes libera metais pesados que poderão, dependendo de suas concentrações, serem tóxicos às plantas e à fauna e flora aquáticas (SANTOS, 2006).

Outra particularidade do sistema de confinamento é que podem ocorrer perdas de nutrientes para os solos e para as plantas, devido à deposição dos excrementos nos currais, onde são confinados e não mais nas pastagens, como é o caso do pastoreio extensivo. O acúmulo destes excrementos nos currais pode gerar um problema de poluição ambiental, caso não haja o manejo adequado deste material. Primeiro, devido ao pisoteio intenso dos animais em uma área restrita, provocando a compactação superficial do solo, com conseqüente redução de aeração, infiltração de água, aumento da resistência do solo, que podem restringir o crescimento das raízes e a produtividade das plantas. Segundo, porque os dejetos que, despejados em uma pequena área, ultrapassam em muito a capacidade do solo e das plantas de absorvê-los. Basta uma chuva intensa para que esses escoem para áreas vizinhas e cursos d'água próximos (DIAS *et al.*, 2008; SCHLESINGER, 2010).

Assim, os problemas ambientais resultantes do confinamento podem ser a contaminação dos lagos e rios pelos dejetos, a infiltração de água contaminada no lençol freático e o desenvolvimento de moscas ou outros vetores (SCHLESINGER, 2010).

Importante salientar que já existem tecnologias que minimizam estes e outros impactos ambientais, como a impermeabilização das áreas, em conjunto com a coleta de esterco e a destinação destes para biodigestores, onde estes digerem a matéria orgânica (esterços) através de microrganismos anaeróbicos, e como resultado é obtido biogás e biofertilizante.

O biogás é constituído basicamente de metano que pode ser utilizado para geração de energia, em geradores elétricos, ou como combustível em fogões de cozinha. Quanto ao biofertilizante, esse é o efluente do biodigestor, possui propriedades fertilizantes, devido à presença elementos químicos como nitrogênio, fósforo e potássio, em quantidades e formas químicas que podem ser usadas diretamente na adubação através de fertirrigação (ECOCENTRO IPEC, 2013).

Existem, ainda, propostas de manejo integrado sustentável das atividades pecuárias que tem os seguintes princípios: a utilização do solo, de acordo com a sua capacidade de uso e suporte; a proteção e ou recuperação das áreas de preservação permanente<sup>4</sup> e de

---

<sup>4</sup> De acordo com o Código florestal brasileiro (Lei 12651 de 2012) em seu Art. 3º entende-se por: II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;

reserva legal<sup>5</sup>; o aumento da cobertura vegetal do solo; o controle do escoamento superficial e dos processos erosivos; a recuperação de áreas degradadas; o controle dos focos de poluição (orgânica e inorgânica); o tratamento e a destinação final adequada de resíduos e efluentes; o uso de sistemas de produção em consonância com as condições edafoclimáticas e as leis e normas ambientais (EMATER, 2014).

Diante das problemáticas expostas quanto à produção pecuária, pode-se apontar que a melhoria de pastagens e do manejo daria suporte a sustentabilidade da bovinocultura de corte através do aumento da eficiência produtiva, com o incentivo à adoção de sistemas mais intensivos de produção como o semi-confinamento e confinamento. Desta forma, busca-se aproveitar melhor as áreas agrícolas e de pastagens, bem como os insumos, de modo a contribuir para redução nas emissões de gases de efeito estufa, na geração de resíduos e outros poluentes.

### 2.3 Avaliação do ciclo de vida

Os princípios da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foram desenvolvidos nos Estados Unidos no final da década de 1960, quando preocupações com as limitações das matérias-primas e recursos energéticos despertaram o interesse em encontrar formas de 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 (SANTOS, 2006; VIGON *et al.*, 1993).

Um dos primeiros estudos quantificando as necessidades de recursos, emissões e resíduos originados por diferentes embalagens de refrigerantes foi conduzido pelo *Midwest Research Institute* – MRI, para a Companhia Coca Cola em 1969. Este processo de quantificação da utilização de recursos naturais e dos índices de emissão tornou-se conhecido como *Resource and Environmental Profile Analysis* – REPA (HUNT e FRANKLIN, 1996; CHEHEBE, 1997).

Esse modelo foi aprimorado em 1974 pelo MRI, durante a realização de um estudo para a *Environmental Protection Agency* (EPA) sobre embalagens de cervejas e sucos, e é muitas vezes referenciado como um marco para o surgimento do que hoje conceituamos como ACV (GUINÉE, 1995; CHEHEBE, 1997). Este estudo envolveu a indústria do

---

<sup>5</sup> De acordo com o Código florestal brasileiro (Lei 12651 de 2012) em seu Art. 3º entende-se por: III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.



vidro, aço, alumínio, papel e plástico e todos os fornecedores daquelas indústrias, tendo-se caracterizado mais de 40 materiais (HUNT e FRANKLIN, 1996). Na Europa, foi também desenvolvido um procedimento similar chamado de *Ecobalance* (VIGON *et al.*, 1993).

No final da década de 1980 e durante toda a década de 1990 foi realizado um esforço internacional para normalizar os princípios e técnicas da ACV e para desenvolver procedimentos de boa conduta (SANTOS, 2006). A normalização da ACV começou na *International Organization for Standardization* (ISO), que publicou a série ISO 14040, a qual engloba atualmente as normas sobre ACV:

— ISO 14040:2006 – *Life cycle assessment – Principles and framework*. Avaliação do Ciclo de Vida. Princípios e estrutura.

— ISO 14044:2006 – *Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. Avaliação do Ciclo de Vida. Requisitos e Orientações.

A ISO 14044:2006, juntamente com a ISO 14040:2006, cancelam e substituem as normas ISO 14040:1997, ISO 14041:1998, ISO 14042:2000 e ISO 14043:2000, que foram revisadas tecnicamente.

De acordo com a ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, a ACV é 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. As áreas de atuação para a ACV são inúmeras, para exemplificar algumas delas, segundo a ISO 14040, seriam a avaliação de risco, avaliação de desempenho ambiental, auditoria ambiental e avaliação de impacto ambiental.

Uma ACV é realizada em quatro fases distintas, sendo estas muitas vezes interdependentes, em que os resultados de uma fase irá informar como as outras fases são conduzidas. As fases da ACV são: a definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados. Essas fases são apresentadas a seguir de acordo com a ISO 14040:2006, Chehebe (1997) e Santos (2006).

### 2.3.1 Definição de objetivo e escopo

O objetivo de um estudo da ACV deve declarar inequivocamente a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo. Na definição do escopo de um estudo da ACV devem ser considerados e claramente descritos os seguintes itens: a) Função e unidade funcional; b) Fronteiras do sistema; c) Requisitos da qualidade dos dados; d) Comparações entre sistemas; e) Considerações sobre análise crítica.

Em relação ao escopo, o seu conteúdo mínimo deve referir: onde iniciar e parar o estudo, quantos e quais subsistemas incluir, e o nível de detalhes do estudo.

A função é o que o estudo tem por objetivo analisar, um exemplo seria a função produção de carne em uma determinada propriedade rural. Em seguida, se faz necessário a descrição do sistema a ser estudado, tanto qualitativamente, como quantitativamente, englobando os fluxos de energia e matéria (ex. os insumos e resíduos) que atravessam os limites do sistema, juntamente com a descrição das unidades de processo. O sistema, normalmente, é representado por fluxograma, que mostra as unidades de processo relevantes e suas inter-relações, oferecendo uma visão global do processo e identificando a abrangência do estudo, através da fronteira estabelecida no fluxograma.

A unidade funcional é a quantificação da função, com finalidade de fornecer uma referência para relacionar os dados de entrada e saída.

Os requisitos de qualidade de dados devem ser definidos no escopo, mas, estão relacionados com a escolha das fontes de informações, de modo sempre dar preferência à utilização de dados primários (dados medidos/obtidos no processo em questão). Quando não é possível obter os dados primários, devem-se utilizar os dados secundários do mesmo tipo de processo da literatura, mais atual possível. É importante manter a qualidade de dados compatíveis com a tecnologia e as características do sistema em questão, para não comprometer os resultados da ACV.

A etapa comparações entre sistemas só é realizada no caso de estudos com esta finalidade, estes devem ser realizados na mesma função, medida pela mesma unidade funcional, para se obter a equivalência dos sistemas comparados. Quaisquer diferenças entre sistemas devem ser identificadas e relatadas.

A análise crítica visa verificar se o estudo da ACV satisfaz os requisitos quanto à metodologia, à qualidade dos dados, à clareza, precisão e a apresentação do estudo.

### 2.3.2 Análise de inventário

A análise de inventário envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto. Os dados podem ser referente à energia, transporte, matéria-prima, emissões para o ar, solo e água, efluentes, resíduos, etc. Os resultados do inventário é um balanço de materiais e energia que atravessa as fronteiras do sistema em estudo.

O inventário constitui de uma coleta de dados sobre as entradas e saídas do sistema, este é difícil e trabalhoso de ser executados por uma série de razões que vão desde a ausência de dados conhecidos e a necessidade de estimá-los à qualidade do dado disponível. Durante o balanço e os cálculos deve-se observar a coerência entre os valores

de entradas e saídas de modo a garantir a qualidade dos dados coletados. Um grande volume de dados deverá ser coletado das unidades de processo associadas aos locais de produção dentro dos limites do sistema e organizados sob categoria de dados, a exemplo energia, matéria-prima, emissões para água, ar ou terra, etc.

Para os cálculos devem-se considerar os procedimentos de alocação, estes são necessários quando se lidam com sistemas que envolvem produtos múltiplos, ou seja, é quando um processo gera produtos e subprodutos, e a grande dificuldade é separar os impactos gerados pelos produtos dentro deste processo. Os fluxos de materiais e de energia, assim como as liberações ao ambiente associadas, devem ser alocados aos diferentes produtos de acordo com procedimentos claramente estabelecidos, que devem ser documentados e justificados. De acordo com a ISO 14044: 2006, deve-se sempre que possível evitar a alocação, mas caso contrário, a norma sugere duas opções:

i) Onde alocação não pode ser evitada, as entradas e saídas do sistema devem ser divididas entre seus diferentes produtos ou funções de uma forma que reflète as relações físicas subjacentes entre eles, ou seja, eles devem refletir a maneira pela qual as entradas e saídas são alteradas por mudanças quantitativas nos produtos ou funções entregues pelo sistema.

ii) Se não puder ser estabelecida relação física sozinho ou usado como base para a alocação, as entradas devem ser imputadas entre os produtos e funções de uma forma que reflète outras relações entre eles. Por exemplo, os dados de entrada e saída pode ser repartido entre os coprodutos na proporção do valor econômico dos produtos.

### 2.3.3 Avaliação de impactos

A avaliação de impacto é dirigida à avaliação da significância de impactos ambientais potenciais, usando os resultados da análise de inventário do ciclo de vida. Em geral, este processo envolve a associação de dados de inventário com impactos ambientais específicos e a tentativa de compreender estes impactos. A ISO 14040:2006 fornece a indicação dos elementos que podem constar nesta fase: classificação, caracterização e atribuição de pesos.

No entanto, se faz necessário, primeiramente, a etapa de seleção e definição das categorias de impacto, onde são identificados os focos de preocupação ambiental, as categorias e os indicadores que o estudo utilizará. São exemplos de categorias de impactos ambientais: exaustão de recursos não renováveis, aquecimento global, redução da camada de ozônio, toxicidade humana, ecotoxicidade, acidificação, oxidantes fotoquímicos, entre

outros. Na área da pecuária, as categorias de impactos mais recorrentes são: aquecimento global, acidificação, eutrofização, uso do solo, e demanda de energia acumulada, como nos estudos citados a seguir.

Vries e Boer (2009) realizaram uma pesquisa com objetivo de comparar avaliações de impacto ambiental de produtos de origem animal, no qual foram revisados 16 estudos, que avaliaram o impacto da produção de carne bovina, de porco, frango, leite e ovos, usando avaliação do ciclo de vida (ACV). Eles verificaram que todos os estudos, com exceção de dois, avaliaram cinco categorias de impacto: uso do solo, uso de energia fósseis, aquecimento global, eutrofização e acidificação.

Nguyen *et al.* (2010) avaliaram as consequências ambientais da produção de carne bovina na União Europeia, através de uma abordagem de ciclo de vida, e consideraram cinco categorias de impacto de maior relevância, aquecimento global, acidificação, eutrofização, uso do solo e o uso de energias não renováveis.

O estudo de Cederberg *et al.* (2009) realizou inventário do ciclo de vida da produção de carne bovina brasileira, considerou apenas as categorias de impacto: mudanças climáticas, energia e uso do solo.

Ogino *et al.* (2004), avaliaram a carga ambiental do sistema de engorda de bovinos utilizando a ACV, e consideraram as categorias de impacto aquecimento global, acidificação, eutrofização e consume de energia.

Na classificação, cada item da lista do inventário é classificado para ter um efeito em um ou mais problemas ambientais ou categorias de impacto. Como exemplo a emissão de metano tem efeito no aquecimento global, sendo classificado nesta categoria de impacto.

Na caracterização, o efeito de cada item em cada categoria de impacto é modelado de modo que os resultados possam ser expressos na forma de um indicador numérico. O indicador da categoria objetiva representar a carga total ambiental ou a significância do uso dos recursos para a categoria após a conversão e a agregação dos dados do inventário atribuídos à mesma. Para a conversão dos dados do inventário deve-se dar preferência à utilização de fatores de equivalência baseados em conhecimentos científicos e universalmente aplicáveis para todas as condições. O número obtido é o valor do indicador da categoria de impacto ambiental utilizada, que pode ser transformado em índice ambiental adimensional. Esta alocação em categorias de impacto ambiental utilizando fatores de equivalência é denominada perfil ambiental.

A atribuição de pesos é a fase, na qual, técnicos poderão atribuir pesos aos resultados da avaliação de impactos, em termos de sua importância. Como esta fase pode envolver

critérios subjetivos, é considerada por grande parte dos especialistas como não-científica, esta sujeita a sofrer distorções de caráter político-ideológico.

#### 2.3.4 Interpretação de resultados

Esta é a fase da ACV na qual as constatações da análise do inventário e da avaliação de impacto ou, no caso de estudos de inventário do ciclo de vida, somente os resultados da análise de inventário, são combinados, de forma consistente, com o objetivo e o escopo definidos, visando alcançar conclusões e recomendações para os tomadores de decisão.

### 2.4 ACV no Brasil e sua aplicação na pecuária

No Brasil, pode-se considerar que a história da ACV inicia na década de 90, com a criação do Subcomitê da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) o qual passou a integrar o Comitê Técnico TC 207 da ISO que trabalhou na elaboração das normas da família ISO 14000 (CHEHEBE, 1997; SANTOS, 2006). Em 1997, foi lançado o primeiro livro nacional que tratou sobre esta temática, “Análise do Ciclo de Vida de Produtos – Ferramenta Gerencial da ISO 14040”, de José Ribamar B. Chehebe. Em seguida, no período de 1997 a 1999, foi desenvolvido o primeiro estudo brasileiro denominado “Análise do Ciclo de Vida de embalagens para o mercado brasileiro”, realizado pelo Centro de Tecnologia de Embalagem (Cetea), do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital). Em 2002 foi fundada a Associação Brasileira de Ciclo de Vida, ABCV, a qual vem se dedicando na disseminação e consolidação da ACV no Brasil, principalmente pela promoção de conferências, destacando-se três delas. A primeira ocorreu em 2007 em São Paulo, que foi a segunda edição da Conferência Internacional sobre Avaliação do Ciclo de Vida, CILCA, agora denominada Conferência Internacional sobre a Análise do Ciclo de Vida na América Latina. A ABCV também vem promovendo o Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, CBGCV, com três edições em 2008, 2010 e 2012. Este evento com periodicidade bianual, apesar de recente, já pode ser considerado o principal evento nacional dedicado ao tema ACV no Brasil (WILLERS *et al.*, 2012).

Já é possível perceber a estruturação e organização envolvendo o tema ACV no Brasil. O país oferece um campo vasto de oportunidades para aplicação da metodologia, seja nos setores da indústria e agro indústria, bem como na área acadêmica, cujos objetivos estão voltados para o desenvolvimento de estudos e pesquisas visando a solução de problemas na área ambiental, com possibilidade de aplicação dos resultados nos setores produtivos citados.

De acordo com Willers e Rodrigues (2014), em uma pesquisa bibliográfica em base de dados brasileira, identificou 120 estudos que mencionam ACV, e destes 21 que aplicaram a metodologia efetivamente a um estudo de caso. A pesquisa compreendeu desde o ano de 1999 até 2010, e concluiu que o uso desta metodologia é recente, concentrando 66% dos estudos apenas entre os anos de 2007 a 2010. Esta ainda indica que as áreas mais promissoras para o uso da ACV são a pecuária e agricultura. Pois, o Brasil é reconhecido por ser um dos maiores produtores agropecuários, e que além disso, tem uma produção não padronizada que abrange desde pequenas propriedades de subsistência, desprovidas de técnicas, até grandes fazendas com tecnologias de ponta, características que contribuem para a realização de estudos comparativos de ACV, cujos resultados podem contribuir para melhorar a performance ambiental produtiva do país.

No que se refere à pecuária de corte, apesar das grandes possibilidades de aplicação, são poucos os estudos realizados no Brasil que utilizem a metodologia ACV abordando o tema de forma aprofundada e que apresente contribuições significativas para a possibilidade de mudança dos cenários existentes. Assim, para a composição de uma base teórica relevante tem-se como referência os estudos já realizados e divulgados no meio científico pelos pesquisadores dos países europeus. Estes são reconhecidamente referência não apenas na aplicação da metodologia ACV, bem como na área de produção agropecuária. É inegável a importância da contribuição destes estudos para a consolidação da metodologia ACV no mundo. No caso do setor da pecuária de corte, pode se destacar os seguintes trabalhos:

Roy *et al.* (2009), realizaram uma revisão sobre estudos que aplicaram a ACV na produção de alimentos, no qual destaca-se, em relação à produção de carne bovina, que os impactos ambientais da pecuária de engorda são dependentes do período de alimentação, da produção de alimentos e tipo de alimentação, como também alojamento dos animais e armazenamento de esterco. Os autores salientam que os estudos de ACV na produção de carne raramente ultrapassam a fase de produção, mas quando o fazem indicam que a produção agrícola é a principal fonte de impactos dos produtos de carne. Por último, os autores relacionam os estudos que utilizaram a ACV para comparar tipos de carne, como de frango, bovina e suína, e estes concluíram que a carne bovina é a menos ambientalmente eficiente. Isto é devido à maior conversão alimentar do bovino (massa do alimento consumido dividido pelo ganho de massa corporal), que resulta em maior emissão por causa da produção de alimento. Assim, as maiores contribuições das emissões de gases

de efeito estufa são da produção de alimento e do intestino entérico, ou seja a emissão de CH<sub>4</sub>.

Nguyen *et al.* (2010) utilizaram a ACV para comparar quatro sistemas de produção de carne bovina da União Europeia, mas estes sistemas produzem a carne a partir da substituição das vacas leiteiras e do descarte de sua prole, ou pela criação dos bezerros de descendência masculina até os 55 kg e encaminhados para o abate. Assim, este estudo considerou três sistemas produtivos que separam os bezerros das vacas após o nascimento, e alimentados com diferentes dietas, e um sistema em que o bezerro é criado junto da vaca até alcançar os 55 kg. De acordo com os resultados das análises, o pior desempenho ambiental, em todas as categorias de impacto (aquecimento global, acidificação, eutrofização, uso da terra e utilização de energias não renováveis), para produzir 1 kg de carne bovina (peso de abate), foi do sistema de criação em conjunto de bezerros e vacas (sem a separação). Este resultado é devido a baixa conversão alimentar devido aos dois estágios de alimentação, primeiro da vaca que transforma o alimento em leite, e o segundo pelo bezerro, que transforma o leite em carne. O sistema com menor carga ambiental foi o dos bezerros criados separados das vacas, em confinamento com alimentos concentrados. Essa alimentação se mostrou a ideal, gerando menor excreção de esterco e, conseqüentemente, alta eficiência de absorção de nutrientes (o que também significa menor perda de nutrientes).

Vries e Boer (2011) fizeram uma comparação entre estudos que realizaram ACV em produtos de origem animal, e assim encontraram que a produção de 1 kg de carne bovina utiliza mais solo e energia, e ainda tem um maior potencial de aquecimento global, seguido pela produção de 1 kg de carne de porco, de frango, ovos e leite. Os autores também afirmam que as diferenças no impacto ambiental entre carne de porco, bovina e de frango pode ser explicada principalmente por 3 fatores: diferenças na eficiência de alimentação, as diferenças na emissão de CH<sub>4</sub> entérico entre animais monogástricos e ruminantes, e as diferenças nas taxas de reprodução.

Casey e Holden (2006) realizaram um estudo sobre as GEE dos sistemas convencional, orgânico e regime agro-ambiental de unidades de bovinos de corte, na Irlanda. Os resultados indicam que a mudança da produção do sistema convencional para um sistema de produção agro-ambiental reduziria as emissões de GEE em termos de produto e área. Uma redução ainda maior de emissões pode ser obtida através da produção de carne no sistema orgânico, mas à custa de uma grande queda na produção de peso vivo por hectare.

Haas *et al.* (2001) avaliaram todos os impactos ambientais relevantes comparando diferentes sistemas de produção de pastagem – intensivo, extensivo e orgânico - em 18 fazendas do sul da Alemanha. O estudo chegou à conclusão de que, renunciando à adubação nitrogenada mineral, a agricultura orgânica reduz o consumo de energia e o potencial de aquecimento global, em comparação com a agricultura convencional.

Williams e Wikström (2010) realizaram um estudo avaliando o impacto ambiental das embalagens de alimentos e a perda desses, na Suíça, com base em uma análise comparativa dos cinco itens alimentares (*ketchup*, pão, leite, queijo e carne). Este estudo concluiu que o impacto ambiental é geralmente mais alto para os produtos de origem animal como carne e leite do que para os produtos vegetais. A redução das perdas de alimentos resultantes de novas soluções de embalagem quase certamente irá reduzir o impacto ambiental, tanto para a eutrofização e acidificação, e provavelmente também reduzir o impacto de aquecimento global. Entende-se neste estudo que a perda de alimentos é devido às causas biológicas, ambientais, ou socioeconômicas (i.e. temperatura, umidade, insuficiência do mercado, distribuição, etc). Outro destaque do estudo é a importância de se analisar o risco de aumento das perdas de alimentos quando são realizadas alterações da concepção de embalagem. Por exemplo, quando o objetivo é utilizar menos material para a constituição da embalagem, o impacto ambiental certamente vai aumentar se as perdas de alimentos aumentarem, mesmo que se reduzam os impactos da embalagem.

Deve ser destacado ainda o estudo realizado por Cederberg *et al.* (2009), em que os autores europeus realizaram uma ACV para análise de emissões de gases e de uso do solo para produção de carne bovina brasileira. Estes identificaram que a emissão de gases de efeito estufa pela produção de carne brasileira é pelo menos 30-40% maior do que a produção europeia, não incluindo mudanças de uso da terra. Fato, que segundo os autores, se deve principalmente pelas emissões de elevadas quantidades de metano, explicado pela elevada idade de abate e longos intervalos de reprodução. O estudo também afirma que o uso de energia na produção brasileira é muito baixo, cerca de um décimo da produção europeia, e que uso do solo na produção de carne é consideravelmente maior do que na produção europeia. Por fim, os autores sugerem como medidas para reduzir substancialmente as emissões de gases de efeito estufa uma melhor gestão da terra em relação a deter a expansão contínua da pecuária em ecossistemas naturais, combater a degradação das pastagens, através da manutenção de adubação e prevenção de elevadas



taxas de ocupação, e o melhoramento do desempenho do gado, quanto à diminuir a idade para abate e encurtar o intervalo de reprodução.

Outro estudo de Cederberg *et al.* (2009b) estimou as emissões de GEE da produção de carne, leite e ovos da Suécia, em 1990 e 2005. Os resultados indicaram que as emissões globais de GEE do ciclo de vida de produção de gado sueco diminuíram aproximadamente 14%, correspondendo a uma redução de 1,2 Mt CO<sub>2</sub>eq, entre 1990 e 2005, e deste, cerca de 0,8 Mt CO<sub>2</sub>eq é o resultado de redução de emissões por unidade de produto. Embora existam grandes incertezas nas estimativas de emissões de GEE provenientes da agricultura, é justo concluir que não há uma clara tendência para a diminuição das emissões provenientes da pecuária sueca. A produção mais eficiente, definida como menos emissões de GEE por unidade de produto, é o resultado de várias medidas tomadas na cadeia de produção, dentre estas as mais importantes são: o forte aumento da produção de leite por vaca leiteira, a redução do uso de fertilizantes com nitrogênio sintético em pastagens, especialmente utilizados na produção de carne. Salienta-se, ainda, que estas reduções de emissões ocorreram sem que quaisquer políticas climáticas (ações ou subsídios do governo para reduzir ou capturar GEE) tenham sido postas em ação na agricultura. A redução é em parte um efeito da contínua melhoria das práticas na agricultura, incluindo melhoramento genético, nutrição, reprodução e saúde e, em parte, das políticas como, subsídios governamentais para pastagem orgânica, e impostos sobre fertilizantes de nitrogênio sintéticos.

Estes trabalhos mostram a importância da utilização da metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida, com suas contribuições e resultados efetivos dentro do setor produtivo da pecuária. Esta perspectiva de atuação começa surgir no Brasil, a partir de iniciativas do meio acadêmico, cujos resultados são divulgados na forma artigos científicos em conferências e periódicos. Tomando-se como exemplo as duas últimas edições do CBGCV (2010 e 2012), destacam-se dois estudos que abordaram a pecuária de leite, visto que são escassos ainda os estudos que abordam a pecuária de corte no Brasil:

— Inventário de Ciclo de Vida produção de leite em uma unidade experimental em Itapetinga – BA (WILLERS *et al.*, 2010).

— Avaliação do Ciclo de Vida da produção de leite em mesorregiões de Santa Catarina (OLSZENSVSKI *et al.*, 2010).

Os estudos de Willers e Rodrigues (2012) e Willers *et al.* (2012), que realizaram pesquisas bibliográficas em anais de eventos e periódicos oficiais reconhecidos pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção e na base de dados SciELO Brasil sobre

a metodologia de ACV, indicam o potencial de aplicação da metodologia ACV nos diversos segmentos do setor agroindustrial. E, destacam ainda a recente tendência de aumento do número de trabalhos realizados na região nordeste do país.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

A pesquisa proposta neste trabalho pode ser classificada como exploratória e descritiva. Segundo Gil (2006), exploratória porque é realizada com o objetivo de desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias; e descritiva por ter como objetivo a descrição das características do objeto em estudo ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

Os procedimentos adotados neste trabalho foram: pesquisa bibliográfica e documental, pesquisa experimental (coleta de dados) e estudo de caso. Seguindo ao início da pesquisa bibliográfica e documental, o estudo buscou caracterizar objeto de estudo, em seguida aplicou a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), de acordo com a norma ISO 14040:2006.

#### **3.1 Objeto de estudo**

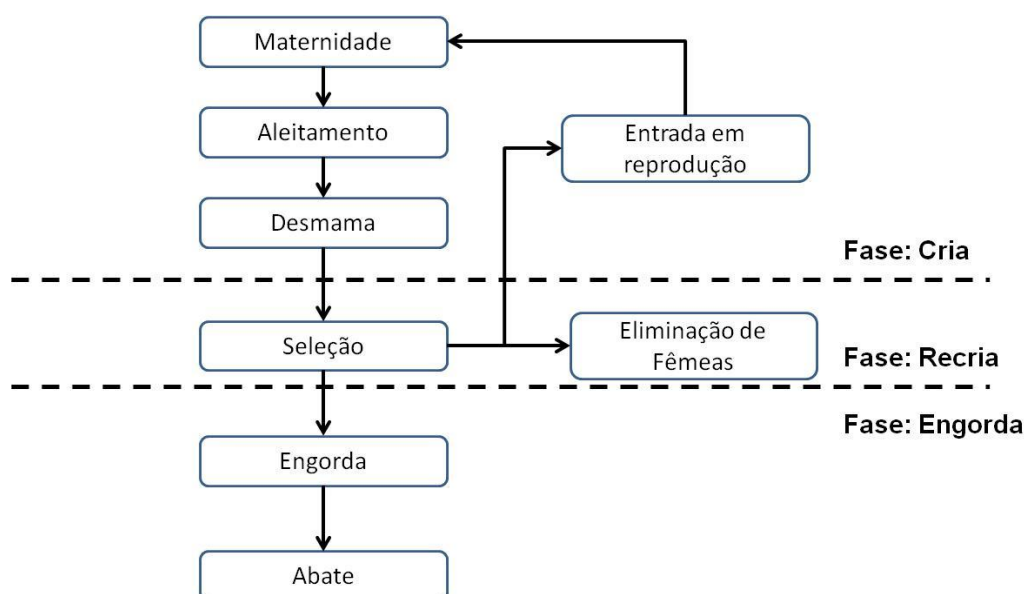
O objeto de estudo deste trabalho é o processo produtivo da pecuária de corte, no sistema semi-intensivo, com base em um estudo de caso do manejo adotado por duas propriedades rurais, localizadas na microrregião de Itapetinga, Bahia. Salienta-se que estes imóveis são de um único proprietário, também, responsável pelo seu gerenciamento.

Para caracterizar o processo produtivo das propriedades foram realizadas entrevistas e aplicados questionários junto ao proprietário, para assim se obter as informações acerca das etapas do processo produtivo, os insumos necessários, aspectos tecnológicos, infraestrutura, como também informações sobre a utilização de recursos naturais, como água, solo, etc. Foram, ainda, obtidos dados através de visitas *in loco*, e levantamento contábil (pelas notas fiscais de compra e venda), como o consumo de energia, compra de insumos e venda de produtos.

As propriedades estudadas (propriedade 1 e propriedade 2) realizam a pecuária de corte, no sistema semi-intensivo, em etapas distintas do processo produtivo, mas que se complementam. Este processo é baseado na dependência quase que exclusiva das pastagens, exceto pela complementação da alimentação por sal mineral. Há, ainda, uma preocupação com o melhoramento genético do rebanho bovino por parte do gestor das propriedades, buscando a melhor adequação do potencial genético em relação ao manejo e ao ambiente, utilizando-se a técnica de inseminação artificial. Desta forma, o sistema produtivo em estudo consegue obter o boi gordo pronto para o abate em 26 meses, após o nascimento do bezerro.

As etapas do processo produtivo compreendem as fases de cria e recria na propriedade 1, e engorda, na propriedade 2, as quais compreendem:

- Cria: rebanho de fêmeas em reprodução até a desmama dos bezerros;
- Recria: período após a desmama, os machos são retidos e encaminhados para a engorda. As fêmeas, parte são descartas, vendidas para o abate, e o restante retorna para a reprodução e maternidade;
- Engorda: última fase, realizada no pasto, que termina com o boi gordo sendo vendido para o abate.



**Figura 1 - Fluxograma do processo produtivo da pecuária de corte em estudo**

As características físicas, climáticas e a infraestrutura das propriedades em estudo são a seguintes:

**i) Propriedade 1:**

- Área Total: 297,9 ha, sendo distribuída 2 ha para infraestrutura da fazenda, 267,9 ha de pastagem, e o restante de área de reserva legal e área ocupada por açudes.
- Infraestrutura disponível: sistema viário, energia, armazéns, obras hidráulicas, casas (sede e de funcionários), pomar, curral e estábulo.
- Clima predominante: tropical seco.
- Pluviosidade: 900 mm/a
- Águas Superficiais e Subterrâneas;

- 14 açudes.
- 1 poço semi-artesiano, com vazão suficiente para consumo humano e animal.
- 1 córrego, com água salobra. Na época de seca há interrupção, mas forma vários poços, servindo ainda para dessedentação animal.

— Mão de obra: 4 funcionários, residentes na propriedade.

#### **ii) Propriedade 2:**

— Área Total: 212 ha, sendo 200 ha de área de pastagem, e o restante da área corresponde a reserva legal e açudes.

— Infraestrutura disponível: sistema viário, energia (painéis de energia solar), casas (sede e de funcionários) e curral.

— Clima predominante: tropical seco.

— Pluviosidade: 700 mm/a.

— Águas Superficiais e Subterrâneas.

▪ 8 açudes.

▪ 1 córrego, com água salobra, na época de seca há interrupção, mas forma vários poços, servindo ainda para dessedentação animal.

— Mão de obra: 1 funcionário, residente na propriedade.

Segundo o levantamento feito por Cederberg et al. (2009), com base em vários estudos, o sistema produtivo semi-intensivo representa, no Brasil, por 15% das propriedades de produção de bovinos de corte, sendo que 80% destas se concentram no sudeste e centro-oeste, e o restante no sul, norte e nordeste. Essas propriedades utilizam desde pastagens nativas, a pastagens cultivadas, e suplementação por sal proteinado e vários concentrados. Ainda, segundo o levantamento de Cederberg et al. (2009), essas propriedades englobam as fases de cria, recria e engorda, em clima tropical e sub-tropical. Assim, este estudo pretende avaliar o sistema produtivo semi-intensivo nas propriedades selecionadas de forma a representar o este tipo de sistema empregado no Brasil.

### **3.2 Avaliação do ciclo de vida**

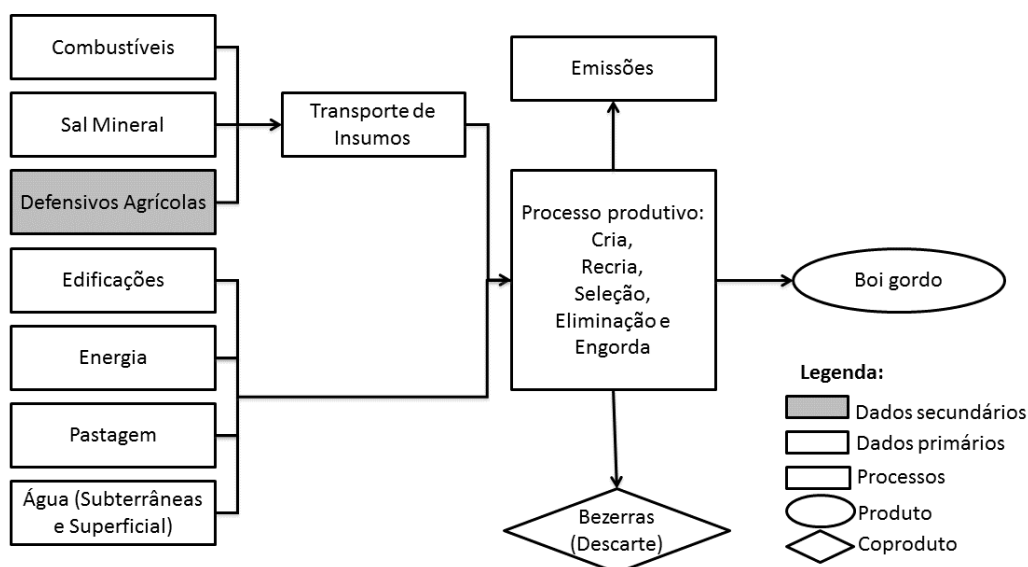
A metodologia a ser empregada pelo trabalho é fundamentada nos princípios estabelecidos pela ISO 14040:2006, que divide a realização da ACV em quatro fases, a saber: definição de objetivo e escopo; análise de inventário; avaliação de impacto e interpretação dos resultados. O *software* SIMAPRO<sup>®</sup>, versão 8.0.1, foi utilizado para definir o ciclo de vida, adicionar e correlacionar os dados e realizar a avaliação de impacto.

### 3.2.1 Objetivo e escopo

O objetivo foi a identificação das principais cargas ambientais do processo produtivo da pecuária de corte, no sistema semi-intensivo. Para a definição do escopo, que envolve função e unidade funcional, fronteira do sistema e requisitos da qualidade de dados, foram considerados os seguintes critérios:

- Para a função: foi adotada a função econômica da propriedade, ou seja, a produção de carne bovina;
- Para a unidade funcional: foi empregada a unidade de medida utilizada pelo proprietário para comercializar sua produção, a produção de 1 arroba (@) de peso morto do bovino, o que equivale a 30 kg de peso vivo (PV) do bovino;
- Para a fronteira do sistema: a delimitação geográfica das propriedades;
- Para os requisitos da qualidade, a prioridade foi por dados procedentes de fontes primárias (obtidos através da caracterização do objeto em estudo). No caso onde não foi possível obter estes, foram utilizados dados secundários, provenientes de bases de dados a serem mencionadas durante o desenvolvimento do estudo.

Desta forma, os dados primários deste estudo representam o período de atividade das propriedades de janeiro de 2012 a janeiro 2013, através de visitas *in loco*, entrevistas, questionários e levantamento contábil. Cabe salientar, que esses dados foram obtidos uma única vez para cada etapa do processo produtivo, e considerados os valores médios para elaboração do inventário. Essa consideração foi feita porque o ciclo completo da pecuária em estudo é de 26 meses, desde o nascimento do bezerro. Entretanto, durante um ano de coleta de dados é possível obter informações de todas as etapas produtivas, não do mesmo grupo de bezerros nascidos, mas de distintos grupos de bezerros da mesma fazenda em suas diferentes fases de vida, haja vista que estas ocorrem concomitantemente. Os dados secundários foram obtidos na literatura e/ou em base de dados, pois a medição destes não foi possível para este trabalho. A figura 2 indica quais são os dados primários e secundários, como também representa o sistema produtivo completo (cria, cria e engorda), e os subsistemas que o compõe (combustíveis, sal mineral, defensivos agrícolas, edificações, energia, pastagem, água, transporte, emissões). Destaca-se, ainda, que o escopo deste estudo é *farm-to-gate* (da fazenda até o portão), pois considerada todas as etapas nas propriedades para a produção do boi gordo, mas só até a venda desse, não contabilizando a sua saída (transporte) e o destino.



**Figura 2 - Escopo do estudo**

— Procedimentos de alocação: são necessários quando se lida com sistemas que envolvem produtos múltiplos, ou seja, é quando um processo gera produtos e coprodutos (dois ou mais produtos provenientes do mesmo processo produtivo). Assim, para este estudo foi aplicada a alocação por massa para o sistema de produção da propriedade 1, pois há uma relação física, onde as entradas e saídas são proporcionais quantitativamente ao sistema de produção. Isso porque na propriedade 1 os produtos gerados são os bezerros para engorda, que são encaminhados para propriedade 2, e como coprodutos são gerados bezerras e vacas matrizes, que são descartadas, seja para abate ou venda para outros produtores. Os insumos necessários para o sistema de produção da propriedade 1, possuem entradas únicas para este sistema, que não podem ser dissociadas e contabilizadas separadamente para os produtos e coprodutos.

Destaca-se, ainda, que o coproduto é gerado, independente, do rendimento econômico do produto ou do coproduto, porque esses são inerentes do processo produtivo, ou seja, a necessidade da vaca matriz para a reprodução animal, e como resultado a geração de fêmeas e machos. Desta forma, justifica-se o emprego da metodologia de alocação por massa, para o subsistema da propriedade 1.

Para a alocação por massa no subsistema da propriedade 1, foi considerado que todos os recursos aplicados na propriedade tiveram como objetivo produzir 1@ (equivalente a 30kg PV) de boi gordo, no final do sistema. Então, a contribuição da propriedade 1 para produzir 30kg PV de bezerros encaminhados para engorda na propriedade 2, resulta também em 26,30kg PV de bezerras e 6kg PV de vacas matrizes. Mantendo-se a proporção

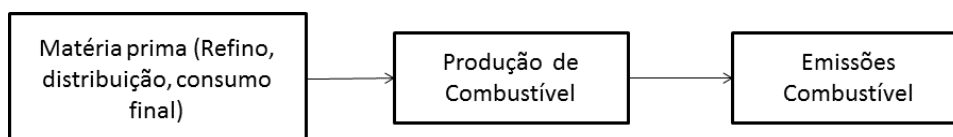
das massas, alocou-se 48,15% dos impactos ambientais para o bezerro, 42,22% para as bezerras e 9,63% para as vacas matrizes.

### - Subsistemas

Para obtenção do sistema produtivo demonstrado no escopo do estudo, foi necessária a junção de subsistemas, nos quais ocorrem os fluxos de matéria e energia. Esses são apresentados separadamente de acordo com o escopo apresentado da figura 2.

#### i) Combustíveis

Foram considerados para este subsistema a obtenção do petróleo e os processos na refinaria, até a distribuição do combustível para o consumidor final, e as emissões, conforme da base de dados Ecoinvent<sup>®</sup> do software Simapro<sup>®</sup>. Os dados em relação ao consumo foram adquiridos através de informações dadas pelo proprietário, para o uso em máquinas da propriedade, como o trator para tarefa de manutenção da propriedade.



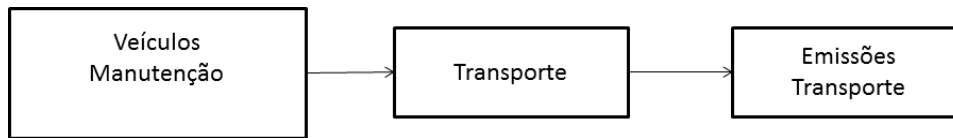
**Figura 3 - Subsistema combustíveis**

#### ii) Transporte

O transporte foi dividido em dois subsistemas, o transporte de insumos e o transporte de animais. O transporte de insumos corresponde ao transporte das lojas em que são comprados os insumos necessários até as propriedades, assim foi considerada a distância até a propriedade 1 e até a propriedade 2, o tipo de veículo (carro de passageiro, por ser utilizada uma caminhoneta), a manutenção do veículo, e suas emissões. Assim, a distância das propriedades ao centro comercial foi obtida com o proprietário, enquanto as demais informações foram obtidas da base de dados Ecoinvent<sup>®</sup> do software Simapro<sup>®</sup>.

O transporte de animais corresponde especificamente a transferência dos bezerros da propriedade 1 para propriedade 2, para engorda, uma vez que o estudo não considerou o transporte do boi gordo para fora da propriedade 2. Assim foram considerados, a distância entre as propriedades, o tipo de veículo (caminhão com capacidade de até 16 toneladas), a manutenção do veículo e suas emissões. A distância foi obtida com o proprietário, e outros dados foram da base Ecoinvent<sup>®</sup>.

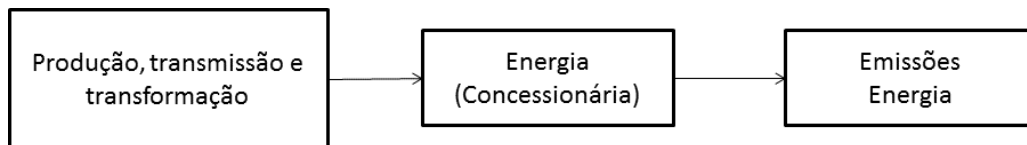




**Figura 4 - Subsistema transporte**

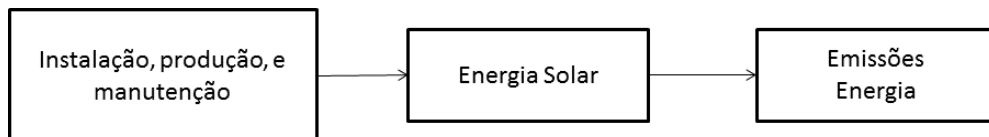
iii) Energia

As propriedades possuem fontes de energia diferentes. A propriedade 1 utiliza a energia proveniente da concessionária, enquanto a propriedade 2 utiliza painéis fotovoltaicos para geração de energia. Assim, para a propriedade 1 foram considerados os dados da base Ecoinvent® para eletricidade de média tensão para o Brasil, no qual contabiliza-se desde a produção, transmissão e transformação (alta para média tensão), perdas e emissões. Com isso, foram acrescentados apenas os dados quantitativos quanto ao consumo de energia, obtidos no levantamento das faturas dos últimos 12 meses.



**Figura 5 - Subsistema energia (concessionária)**

Para a energia solar também foi utilizada a base de dados Ecoinvent®, considerando a instalação de um painel, manutenção e produção de energia.

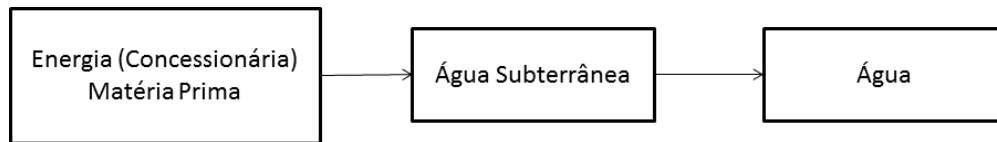


**Figura 6 - Subsistema energia solar**

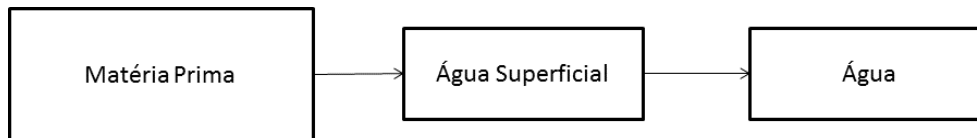
iv) Água

Para a propriedade 1 ocorre o consumo de água para dessedentação animal e para manutenção da propriedade, através de água superficial (açudes e riachos) e de água subterrânea (poço), enquanto na propriedade 2, há apenas o consumo de água superficial.

Para água subterrânea foram considerados a energia para o bombeamento da água e a matéria-prima (água subterrânea). A produção de energia elétrica já foi definida anteriormente, e para matéria-prima foram utilizados os dados do Ecoinvent®. Para água superficial, foram utilizados os dados do Ecoinvent® para corpos d'água, ocupando a superfície, complementado com as informações do proprietário, sobre a área ocupada pelos recursos hídricos em cada propriedade.



**Figura 7 - Subsistema água subterrânea**



**Figura 8 - Subsistema água superficial**

v) Sal mineral

Para a produção da suplementação da alimentação do gado por sal mineral, foi obtida a formulação do produto empregado nas propriedades, pois se trata de um produto oriundo de uma fábrica da região. Assim, para complementar as informações, a empresa repassou sua estimativa de consumo de energia durante o processamento do sal mineral, para o qual foi utilizado o subsistema de energia elétrica (Concessionária), já modelado anteriormente. A base de dados Ecoinvent<sup>®</sup> foi utilizada para: obtenção das matérias primas, produção de embalagem, transporte das matérias-primas para a empresa, e a geração de resíduos da embalagem e as emissões decorrentes dessas atividades.



**Figura 9 - Subsistema sal mineral**

vi) Defensivos Agrícolas

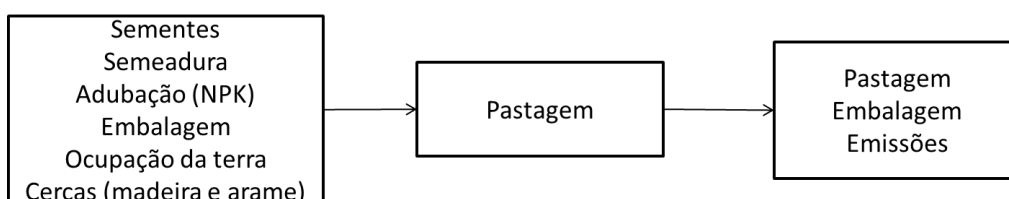
Os defensivos agrícolas considerados neste estudo foram o uso de herbicidas e inseticidas para manutenção das propriedades. Visto a dificuldade de identificar os princípios ativos desses, foram obtidas as quantidades de defensivos utilizadas em cada propriedade, e usadas as informações do processo produtivo do Ecoinvent<sup>®</sup> (produção, obtenção de matérias-primas, uso de energia, infraestrutura, embalagem, transporte e emissões).



**Figura 10 - Subsistema defensivos agrícolas**

vii) Pastagem

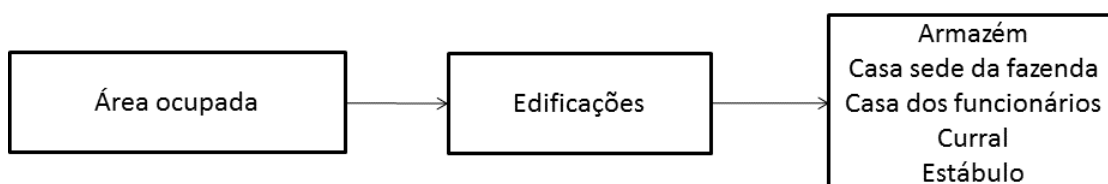
Para o subsistema produção de pastagem foi contabilizado o uso de sementes forrageiras, a semeadura, a adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), as embalagens dos insumos, a ocupação da terra, o material utilizado para a construção das cercas das propriedades e suas subdivisões. Os dados quantitativos destas informações foram obtidos com o proprietário, e os processos (aplicação do adubo, preparo do solo, etc) considerados para as atividades foram da base de dados Ecoinvent®. Para este subsistema foi considerado um tempo médio de 10 anos de preparo e uso da pastagem, como também para a estrutura das cercas (madeira e arame).



**Figura 11 - Subsistema pastagem**

viii) Edificações

O subsistema edificações engloba a área que a infraestrutura ocupa, como armazém, casa sede da fazenda e casa dos funcionários, curral e estábulo. Assim, para o *software* Simapro®, foi inserida a informação da área utilizada pelo tempo médio das edificações, que neste caso considerou-se 30 anos. Não foram considerados os aspectos construtivos, como o tipo de material, nem as emissões ou gerações de resíduos.



**Figura 12 - Subsistema edificações**

ix) Processo produtivo

O sistema do processo produtivo em estudo já foi apresentado na figura 2, mas este se subdivide em dois subsistemas, um para a propriedade 1 e outro para a propriedade 2, visto que estas representam etapas diferentes do processo produtivo. A propriedade 1 possui as etapas de cria, recria, seleção e eliminação, enquanto que a propriedade 2 realiza a etapa de engorda (Figuras 13 e 14). O subsistema da propriedade 1, além de gerar bezerrinhos como produto, também gera bezerrinhas como coproduto, que são descartadas, tornando-se necessário o processo de alocação, já descrito no objetivo e escopo.

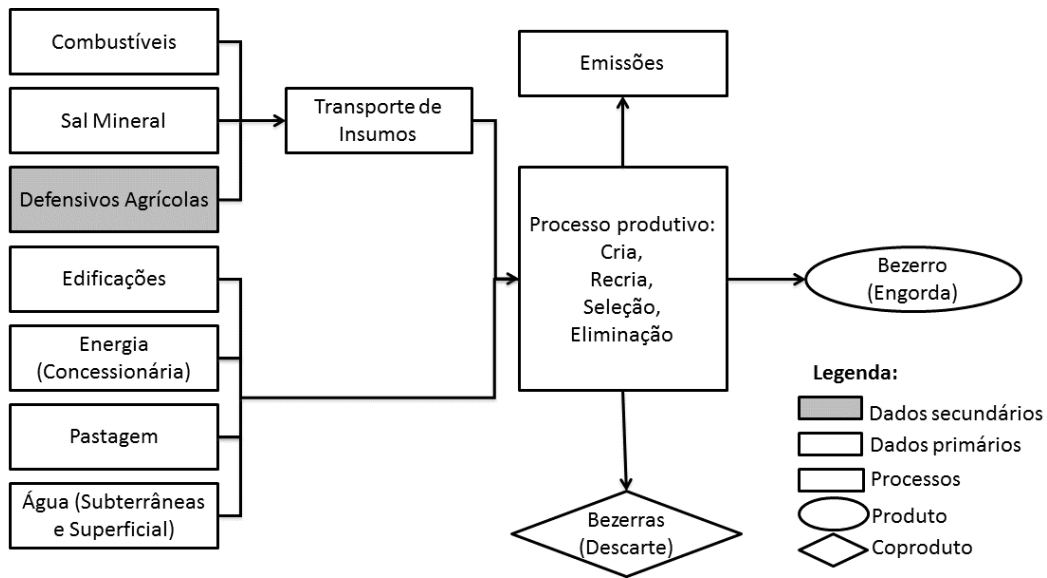


Figura 13 - Subsistema Propriedade 1

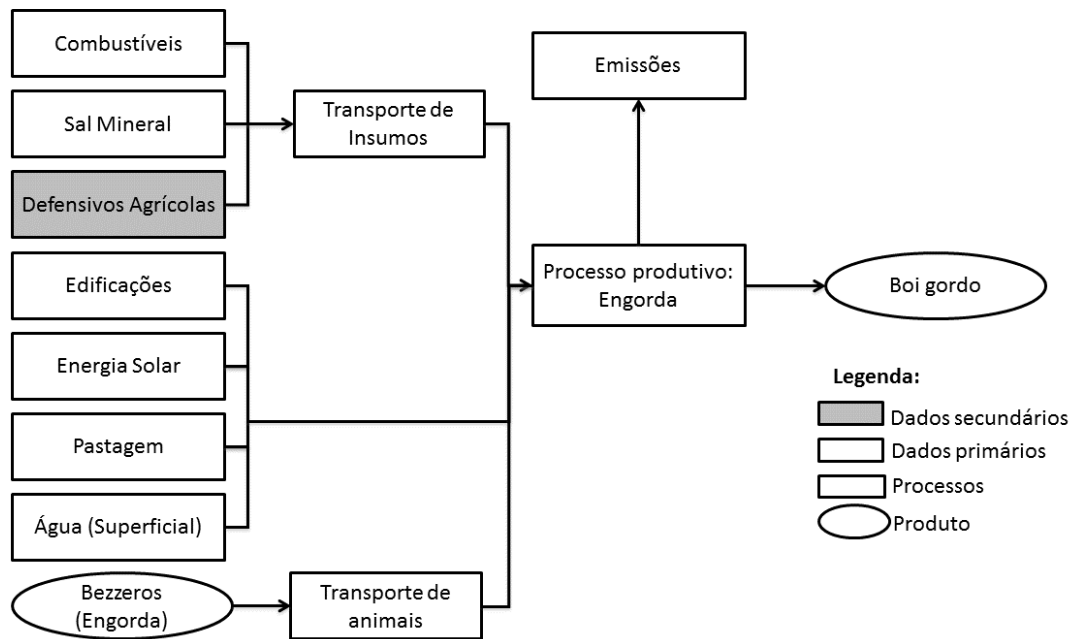


Figura 14 - Subsistema Propriedade 2

## xii) Emissões

O subsistema emissões foi modelado para cada propriedade. As emissões consideradas foram as de gás metano, resultado da fermentação entérica do bovino e da geração de esterco, e de óxido nitroso, também a partir do esterco. Para estimar essas emissões foi utilizado o método de cálculo do IPCC<sup>6</sup> (2006), do Relatório sobre Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, Volume 4 - Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo, Capítulo 10 - Emissões provenientes da pecuária.

Para calcular as emissões de metano e de óxido nitroso, foi necessário primeiramente obter os valores de energia bruta. Esta é a quantidade de energia que o animal precisa para a manutenção e para atividades como crescimento, lactação, gestação. Assim, são descritos os dados necessários para os cálculos e as considerações sobre esses.

O IPCC (2006) sugere primeiro a divisão da população animal em subcategorias (Tabela 2).

**Tabela 2 - Categorias representativas de bovinos**

<b>Categoria principal</b>	<b>Subcategorias</b>
Gado adulto	·Fêmeas utilizadas para produção da prole de gado de corte. ·Bovinos utilizados para corte, leite, trabalho, etc. ·Touros utilizados pra a reprodução. ·Touros utilizados para fins de tração.
Gado em Crescimento	·Bezerros pré-desmame; ·Crescimento/engorda de gado pós desmame; ·Gado em confinamento com dieta contendo $\geq 90\%$ de concentrado

**Fonte: Adaptado do IPCC (2006)**

Em seguida, os animais foram classificados de acordo com a tabela 3 nas categorias sugeridas pelo IPCC.

**Tabela 3 - Classificação dos animais**

<b>Categoria principal</b>	<b>Subcategoria</b>	<b>Propriedade</b>	<b>Número de indivíduos</b>	<b>Peso Vivo (kg)</b>
Gado adulto	Touros (reprodutores)	Propriedade 1	4	600
Gado adulto	Vacas (matrizes)	Propriedade 1	200	420
Gado em crescimento	Bezerros	Propriedade 1	100	35-195
Gado em crescimento	Bezerras	Propriedade 1	90	30-190
Gado em crescimento	Garrotes	Propriedade 2	100	190-480

<sup>6</sup> IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* - em português, Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.

Posteriormente, calculou-se o consumo médio de ração para cada subcategoria animal, normalmente medida em termos de energia bruta (EB), em megajoules (MJ) por dia, ou de matéria seca, em quilogramas (kg) por dia. A energia bruta, por sua vez é composta, neste estudo, pelas energias de manutenção, atividade, de crescimento, lactação, gestação, razão de energia líquida disponível na dieta para manutenção, e a razão de energia líquida disponível para o crescimento.

#### Energia de manutenção ( $E_m$ )

É a quantidade de energia necessária para manter o animal em equilíbrio, em MJ por dia (Equação 1),

$$E_m = Cfi \times P^{0,75} \quad (1)$$

Onde:

$E_m$ : energia de manutenção, MJ/dia.

$Cfi$ : um coeficiente que varia para cada categoria de animais, mostrado na tabela 3, em MJ/dia.kg.

$P$ : peso do animal vivo, em kg.

**Tabela 4 - Coeficientes para o cálculo de energia de manutenção**

<b>Categoria animal</b>	<b>Cfi (MJ/dia.kg)</b>	<b>Comentários</b>
Gado / Bufalo (vacas não-lactantes)	0,322	
Gado / Bufalo (vacas em lactação)	0,386	Esse valor é 20% maior para a manutenção durante a lactação
Gado / Bufalo (touro)	0,370	Este valor é 15% mais elevado para a manutenção de machos intactos

Fonte: IPCC (2006)

#### Energia para Atividade ( $E_a$ )

É a energia dos animais para obter seu alimento, água e abrigo. Seu cálculo baseia-se na sua situação de alimentação, em vez de características da própria alimentação (Equação 2).

$$E_a = Ca \times E_m \quad (2)$$

Onde:

*Ea*: energia líquida para a atividade dos animais (MJ/dia);

*Ca*: coeficiente correspondente a situação alimentar do animal, na tabela 5;

*Em*: energia de manutenção (MJ/dia), equação 1.

**Tabela 5 - Coeficiente correspondente a situação alimentar**

Situação	Definição	Ca (adimensional)
Baias	Os animais são confinados em uma pequena área (por exemplo, presos em baias), como resultado eles gastam pouca ou nenhuma energia para adquirir alimentação.	0,00
Pastagem	Os animais são confinados em áreas com forragem suficiente, exigindo gasto energético modesto para adquirir o alimento.	0,17
Pastoreio grandes áreas	Animais pastam em terras abrangentes ou terreno montanhoso, com gasto significativo de energia para adquirir alimentos.	0,36

Fonte: IPCC (2006)

#### Energia para o crescimento (*Ec*)

É a energia necessária para o ganho de peso (Equação 3).

$$Ec = 22,02 \times \left( \frac{Pv}{(C \times PV)} \right)^{0,75} \times GP^{1,097} \quad (3)$$

Onde:

*Ec*: energia necessária para o crescimento (MJ/dia);

*Pv*: peso vivo médio (PV) dos animais na população (kg);

*PV*: peso vivo de uma fêmea adulta na condição corporal moderada (kg);

*C*: coeficiente com um valor de 0,8 para fêmeas, de 1,0 para castrados e 1,2 para os touros.

*GP*: ganho de peso médio diário dos animais na população (kg/dia).

Nesta equação admitiu-se que as bezerras, bezerros e garrotes, tinham um aumento de peso de 0,89 kg/dia, 0,92 kg/dia e 0,47 kg/dia, respectivamente. Já para os animais adultos (como touros para reprodução e vacas matrizes) o valor atribuído é zero, pois esses frequentemente perdem peso durante a estação seca, e ganham peso durante a temporada seguinte. Assim, o aumento das emissões associadas com esta mudança de peso tende a ser pequeno.

### Energia para Lactação (El)

É a energia requerida para lactação, para o gado essa energia é expressa em função da quantidade de leite produzido e o seu teor de gordura, expressa em percentagem (Equação 4).

Neste estudo foi admitida a produção de 3,6 kg de leite por dia (RODRIGUES e CRUZ, 2003), e o percentual de gordura de 4,9% (CETESB, 2011, p.37).

$$El = Leite \times (1,47 + 0,40 \times PG) \quad (4)$$

Onde:

*El*: energia requerida para lactação (MJ/dia);

*Leite*: quantidade de leite produzida por dia (kg de leite/dia);

*PG*: percentual de gordura contida no leite (% do peso).

### Energia para gestação (Eg)

É a energia necessária para a gestação, para bovinos, a exigência total desta energia é por um período de gestação 281 dias, em média, durante um ano inteiro é calculado como 10% da energia de manutenção (*Em*) (Equação 5).

$$Eg = Cg \times Em \quad (5)$$

Onde:

*Eg*: energia requerida para gestação (MJ/dia);

*Cg*: coeficiente de gestação, que de acordo com o IPCC (2006), para bovinos o valor é 0,10;

*Em*: energia de manutenção do animal (MJ/dia);

### Razão de energia líquida disponível na dieta para manutenção (REM)

É a proporção de energia líquida disponível em uma dieta de manutenção de energia digestível consumida (Equação 6).

$$REM = \left[ 1,123 - (4,092 \times 10^{-3} \times DE\%) + (1,126 \times 10^{-5} \times (DE\%)^2) - \left( \frac{25,4}{DE\%} \right) \right] \quad (6)$$



Onde:

*REM*: proporção de energia líquida disponível em uma dieta de manutenção de energia digestível consumida;

*DE%*: energia digestível expressa como uma porcentagem da energia bruta (Tabela 6).

**Tabela 6 - Digestibilidade do alimento para bovinos e outros ruminantes**

<b>Categoria</b>	<b>Classe</b>	<b>Digestibilidade (DE%)</b>
Bovinos e outros ruminantes	Animais confinados alimentados com dieta concentrada >90%	75 – 85%
	Pastagem	55 – 75%
	Animais alimentados em forragem de baixa qualidade	45 – 55%

Fonte: Adaptado do IPCC (2006)

Razão de energia líquida disponível para o crescimento (REC)

É a proporção de energia líquida disponível para o crescimento em uma dieta de energia digestível consumida (Equação 7).

$$REC = \left[ 1,164 - (5,160 \times 10^{-3} \times DE\%) + (1,308 \times 10^{-5} \times (DE\%)^2) - \left( \frac{37,4}{DE\%} \right) \right] \quad (7)$$

Onde:

*REC*: proporção de energia líquida disponível para o crescimento em uma dieta de energia digestível consumida;

*DE%*: energia digestível expressa como uma porcentagem da energia bruta, tabela 6.

Energia bruta (EB)

É a exigência EB é derivada com base nas exigências de energia líquida somadas e as características de disponibilidade de energia do alimento (Equação 8).

$$EB = \left[ \frac{\left( \frac{Em + Ea + El + Eg}{REM} \right) + \left( \frac{Ec}{REC} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right] \quad (8)$$

Onde:

*EB*: energia bruta (MJ/dia);

*Em*: energia para a manutenção do animal (MJ/dia);

*Ea*: energia requerida pelo animal para suas atividades (MJ / dia);

*El* : energia requerida para a lactação (MJ / dia);

*Eg*: energia requerida durante o período de gestação (MJ / dia);

*REM*: proporção de energia líquida disponível em uma dieta de manutenção de energia digestível consumida;

*Ec*: energia para o crescimento do animal (MJ/dia);

*REC*: proporção de energia líquida disponível para o crescimento em uma dieta de energia digestível consumida;

*DE%*: energia digestível expressa como uma porcentagem da energia bruta, tabela 4.

De acordo com o IPCC (2006), uma vez que os valores de *EB* são calculados para cada subcategoria de animal, o consumo de ração em unidades de quilogramas de matéria seca por dia (kg/dia) também deve ser calculado. Para converter a *EB* em unidades de energia para o consumo de matéria seca (*CMS*), divide-se *EB* pela densidade da energia da ração. Um valor padrão de 18,45 MJ/kg de matéria seca pode ser utilizada se informações específicas de alimentação não estão disponíveis. A ingestão de matéria seca resultante deve ser na ordem de 2% a 3% do peso corporal dos animais adultos ou em crescimento.

#### Consumo de matéria seca (CMS)

O valor estimado foi calculado com base no peso corporal e na concentração estimada de energia líquida da dieta (*Ema*), cujos valores são definidos em função da dieta do animal (Tabela 7). Foram calculados o CMS para crescimento e terminação de gado (Equação 9) e para bovinos de corte adultos (Equação 10).

$$CMS = PV^{0,75} \times \left[ \frac{0,2444 \times Ema - 0,0111 \times Ema^2 - 0,472}{Ema} \right] \quad (9)$$

$$CMS = PV^{0,75} \times \left[ \frac{0,0119 \times Ema^2 + 0,1938}{Ema} \right] \quad (10)$$

Onde:

*CMS*: consumo de matéria seca (kg/dia);

*PV*: peso vivo do animal (kg);

*Ema*: concentração estimada de energia líquida da dieta (MJ/kg).

**Tabela 7 - Valores para concentração estimada de energia líquida da dieta para bovinocultura para calcular o consumo de matéria seca**

Tipo de dieta	<i>Ema</i> (MJ/ kg de matéria seca)
Dieta com alto teor de grãos > 90%	7,5 – 8,5
Fornagem de alta qualidade (Ex: leguminas e gramíneas)	6,5 – 7,5
Fornagem de qualidade moderada (Ex: leguminosas e gramíneas de meia estação)	5,5 – 6,5
Fornagem de baixa qualidade (Ex: gramíneas velhas e palhas)	3,5 – 5,5

**Fonte: IPCC (2006)**

Para determinar a *Ema* em caso de dietas mistas, por exemplo, uma dieta de forragem e de grãos pode ser assumida como tendo um valor de *Ema* semelhante ao de uma dieta de forragem de alta qualidade. Uma alimentação mista de grãos e de palha pode ser assumida como tendo um valor de *Ema* semelhante ao de uma forragem de qualidade moderada. Assim, neste estudo foram considerados os valores de 7,5 MJ/kg para os animais, pois estes se alimentam de pastagem complementada por sal mineral.

#### Emissões de Metano proveniente da fermentação entérica

No relatório do IPCC (2006) é descrita a geração do metano, pela fermentação do alimento dentro do sistema digestivo do animal. Geralmente, quanto maior o consumo de alimento, mais elevada será a emissão de metano. Mas, a produção de metano também pode ser afetada pela composição da dieta. O consumo de ração está relacionado ao tamanho do animal, taxa de crescimento e de produção.

Desta forma, para estimar as emissões de metano, ainda, é necessária a classificação dos animais nas subcategorias (Tabela 3), onde a quantidade de metano emitida por uma subcategoria da população é calculada multiplicando a taxa de emissão por animal pelo número de animais dentro de uma subcategoria (Equações 11 e 12).

$$Emissões = FE_{(T)} \times \left( \frac{N_{(T)}}{10^6} \right) \quad (11)$$

Onde:

*Emissões*: emissões de metano provenientes da fermentação entérica (Gg CH<sub>4</sub>/ano);

*FE<sub>(T)</sub>*: fator de emissão para a população de animais definida (kg CH<sub>4</sub>/cabeça . ano);

*N<sub>(T)</sub>*: o número de cabeças de animais por categoria;

*T*: categoria de gado.

$$TotalCH_{4Entérico} = \sum_i E_i \quad (12)$$

Onde:

*Total CH<sub>4Entérico</sub>*: emissões totais de metano provenientes da fermentação entérica (Gg CH<sub>4</sub>/ano);

*E<sub>i</sub>* = são as emissões para as categorias e subcategorias de gado.

Para a equação 11, é necessária a determinação do fator de emissão (*FE*) obtida através da equação 13.

$$FE = \left[ \frac{EB \times \left( \frac{Y_m}{100} \right) \times 365}{55,65} \right] \quad (13)$$

Onde:

*FE*: fator de emissão (kg CH<sub>4</sub>/cabeça\*ano);

*EB*: ingestão de energia bruta (MJ/cabeça\*dia);

O fator 55,65 (MJ/kg CH<sub>4</sub>) é o conteúdo energético do metano;

*Y<sub>m</sub>*: fator de conversão de metano, percentual de energia bruta contida na ração convertida em metano.

Esse fator de conversão de CH<sub>4</sub> depende de várias características, como alimentação (digestibilidade e valor energético) e práticas de produção. Assim, esse foi determinado de acordo com o IPCC (2006), que fornece a tabela 6, admitindo-se *Y<sub>m</sub>* de 6,5% para todas as categorias de animais.

**Tabela 8 - Fator de conversão do metano (Y<sub>m</sub>)**

<b>Categoria</b>	<b>Y<sub>m</sub></b>
Gado em confinamento	3,0% ±1,0%
Vacas Leiteiras e sua prole	6,5% ±1,0%
Outros bovinos que são alimentados principalmente resíduos de culturas de baixa qualidade e subprodutos	6,5% ±1,0%
Outros bovinos em pastagem	6,5% ±1,0%

**Fonte: IPCC (2006)**

### Emissões de metano provenientes de manejo de dejetos

As estimativas de emissões de CH<sub>4</sub> incluem o estrume e a urina (ou seja, os sólidos e os líquidos) produzidos pelo gado. Os principais fatores que afetam as emissões de CH<sub>4</sub> são a quantidade de estrume produzido e a parte dos dejetos que se decompõe anaerobicamente. O primeiro depende da taxa de produção de resíduos por animal e do número de animais, e outro de como os dejetos são administrados (IPCC, 2006).

Quando o estrume é armazenado ou tratado como um líquido (por exemplo, em lagoas, lagos, tanques ou poços), ele se decompõe anaerobicamente e pode produzir uma quantidade significativa de CH<sub>4</sub>. A temperatura e o tempo de retenção da unidade do armazenamento afetam expressivamente a quantidade de metano produzido. Quando o estrume é tratado como um sólido (por exemplo, em pilhas) ou é depositado em pastos e pastagens, que tende a decompor-se mais sob condições aeróbicas, menos CH<sub>4</sub> é produzido (IPCC, 2006).

Para calcular as emissões de CH<sub>4</sub> provenientes manejo de dejetos utiliza-se a equação 14:

$$CH_{Dejetos} = \sum_T \frac{(FE_T \times N_{(T)})}{10^6} \quad (14)$$

Onde:

$CH_{4Dejetos}$ : emissões de CH<sub>4</sub> provenientes da gestão de dejetos, para uma população definida (Gg CH<sub>4</sub>/ano);

$FE_{(T)}$ : fator de emissão para a população de animais definida (kg CH<sub>4</sub>/cabeça\*ano), admitindo o valor de 1 kg CH<sub>4</sub>/cabeça\*ano (IPCC, 2006), pois todos os dejetos são dispersos diretamente nas pastagens;

$N_{(T)}$ : o número de cabeças de espécies animais/categoria  $T$ ;

$T$ : categoria de gado.

### Emissões de N<sub>2</sub>O provenientes de manejo de dejetos

O cálculo da estimativa de emissões de N<sub>2</sub>O divide-se em emissões direta e indireta, durante o manejo dos dejetos. Ressalta-se que o termo "dejeito" é usado para incluir tanto o estrume quanto a urina (ou seja, os sólidos e os líquidos) produzido pelo gado. As emissões de N<sub>2</sub>O proveniente dos dejetos no sistema á pasto, ocorrem direta e indiretamente a partir

do solo, portanto, para complementar as informações foram utilizados alguns dados, além do Capítulo 10 do relatório do IPCC (2006) citado anteriormente, do Capítulo 11 - Emissões de N<sub>2</sub>O provenientes do gerenciamento dos solos, e emissões de CO<sub>2</sub> partir da aplicação da cal e da ureia, do mesmo relatório.

#### Emissões diretas de N<sub>2</sub>O

As emissões diretas de N<sub>2</sub>O (Equação 15) ocorrem via nitrificação e desnitrificação combinadas com o nitrogênio contido nos dejetos. A emissão de N<sub>2</sub>O proveniente dos dejetos, durante o armazenamento e o tratamento, depende do teor de nitrogênio e de carbono do dejetos, da duração da armazenagem e do tipo de tratamento (IPCC, 2006).

$$N_2O_D = \left[ \sum_S \left[ \sum_T (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times FE_{3(S)} \right] \times \frac{44}{28} \quad (15)$$

Onde:

$N_2O_D$ : emissões diretas de N<sub>2</sub>O (kg N<sub>2</sub>O/ano);

$S$ : sistema de gerenciamento de dejetos;

$T$ : categoria animal;

$N_{(T)}$ : número de cabeças da categoria animal  $T$ ;

$Nex_{(T)}$ : média anual da excreção de N por cabeça de categoria animal  $T$  (kg N/animal\*ano);

$MS_{(T,S)}$ : fração de nitrogênio total excretado anualmente para cada categoria animal  $T$ , do sistema de manejo de dejetos  $S$ , determinada pela tabela 7;

$FE_{3(S)}$ : fator de emissão para as emissões diretas de N<sub>2</sub>O do sistema de manejo de dejetos  $S$ , (kg N<sub>2</sub>O-N/kg N), valor proveniente do capítulo 11, tabela 10;

44/28: conversão das emissões de N<sub>2</sub>O-N para emissões de N<sub>2</sub>O.

**Tabela 9 - Uso do sistema de gerenciamento de dejetos (MS%)**

Sistema de Gerenciamento de Dejetos	América Latina (MS%)
Lagoa	0
Chorume / Líquido	0
Armazenamento	0
Lote de Secagem	0
Pastagem / Cercado	36,0
Dispersão Diária	62,0
Digestor	0
Queima para Combustível	0
Outros	1,0

Fonte: IPCC (2006).

**Tabela 10 - Fator de emissão padrão para estimar as emissões diretas de N<sub>2</sub>O proveniente do manejo de solos**

Fator de Emissão	Valor padrão
*FE <sub>3PRP</sub> para o gado (de leite, de corte e búfalos) [kg N <sub>2</sub> O-N/ kg N]	0,02
<b>*FE<sub>3PRP</sub> estima a quantidade de N<sub>2</sub>O emitida a partir da urina e esterco de N depositados por animais pastoreando em pastagens e piquetes.</b>	
<b>Fonte: Adaptado do IPCC (2006, cap. 11, p. 11)</b>	

### Emissões indiretas de N<sub>2</sub>O

Perdas de nitrogênio começam no ponto de excreção nas áreas de produção animal (por exemplo, baias) e continuam até no local de armazenamento e tratamento dos sistemas de manejo de dejetos. O nitrogênio também é perdido através do escoamento superficial e da lixiviação para solos proveniente do armazenamento dos dejetos em áreas ao ar livre, em confinamento ou onde os animais pastam.

O cálculo de N volatilizado em formas de NH<sub>3</sub> (amônia) e NO<sub>x</sub> (óxidos de nitrogênio) provenientes de sistemas de manejo de dejetos é baseada na multiplicação da quantidade de nitrogênio excretado (de todas as categorias de animais), no gerenciamento em cada sistema de manejo de dejetos, pela fração de nitrogênio volatilizada (equação 16).

$$N_{Volatilização} = \sum_S \left[ \sum_T \left[ \left( N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)} \right) \times \left( \frac{Frac_{GasMS}}{100} \right)_{(T,S)} \right] \right] \quad (16)$$

Onde:

$N_{volatilização}$ : quantidade de emissões de N<sub>2</sub>O que é perdido devido à volatilização da NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> (kg N/ano);

$S$ : sistema de manejo de dejetos;

$T$ : categoria animal;

$N_{(T)}$ : número de cabeças da categoria animal  $T$ ;

$Nex_{(T)}$ : média anual de excreção de N por cabeça da categoria animal  $T$  (kg N/animal\*ano);

$MS_{(T,S)}$ : fração de nitrogênio total excretado anualmente para cada categoria animal  $T$ , manejada no sistema de tratamento de dejetos  $S$ , valores da tabela 7;

$Frac_{gasMS}$ : percentual de Nitrogênio gerenciado para  $T$  categoria de animais que volatiliza como NH<sub>3</sub> e de NO<sub>x</sub> no sistema de manejo de dejetos  $S$ , (%), valor da tabela 11.

**Tabela 11 - Valor do FracGasMS de acordo com sistema de manejo de dejetos**

Sistema de gerenciamento de dejetos	N perda de MMS, devido à volatilização de N-NH <sub>3</sub> e N-NO <sub>x</sub> (%) <sup>b</sup>
	Frac <sub>GasMS</sub> (Faixa de Frac <sub>GasMS</sub> )
Muito seco	30% (20 – 50)
Armazenamento Sólido	45% (10 – 65)
Cama sobreposta	30% (20 – 40)

**Fonte: IPCC (2006)**

### 3.2.2 Inventário

Para a realização do inventário foram utilizados dados obtidos pela caracterização do objeto de estudo em relação à unidade funcional. Assim, o inventário identificou e organizou todas as demandas do processo produtivo de acordo com as fases da produção (cria, recria, e engorda), de acordo com as propriedades 1 e 2.

As informações quantitativas dos insumos, resíduos, produtos e coprodutos do sistema produtivo foram obtidos para o período de um ano através de entrevistas e notas fiscais fornecidas pelo proprietário das duas propriedades avaliadas. Em seguida, esses foram divididos pelo fluxo de referência – que é o quantitativo necessário ou gerado para produzir 1@ de boi gordo (equivalente a 30kg PV). Para determinar o fluxo de referência, sabe-se que os valores obtidos correspondem ao total para produzir 100 bezerros de 16@. Assim o fluxo de referência equivale a 100 multiplicado 16, ou seja, 1600@. Portanto, todas as entradas e saídas do sistema foram divididas pelo fluxo de referência (1600@), e apresentadas como o quantitativo necessário para obter 1@ de boi gordo.

### 3.2.3 Avaliação de impacto

Neste trabalho foi utilizado o método do CML 2001, criado pelo Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden, na Holanda, que consiste em um conjunto de categorias de impacto definidos para uma abordagem de ponto médio. O método possui 12 categorias de impacto, sendo que neste estudo foram consideradas quatro (aquecimento global, acidificação, eutrofização, uso do solo). Além dessas, foi adicionado ao método, a categoria de demanda de energia acumulada.

As categorias selecionadas referem-se: aquecimento global (ou mudanças climáticas) são os efeitos adversos na saúde humana e dos ecossistemas, e o indicador desta categoria está relacionado as emissões de gases de efeito estufa; acidificação é a deposição ácida (indicador) na água e no solo em virtude da liberação de íons de hidrogênio por diversas



substâncias; eutrofização é o enriquecimento do ecossistema através do depósito de N, P e substâncias orgânicas degradáveis, resultando em uma aumento de biomassa e diminuição da concentração de oxigênio nos meios receptores; ocupação do solo reflete no uso de terras que foram descaracterizadas para outras finalidades, por exemplo, florestas transformadas em pastagens; e a demanda de energia acumulada consiste no uso acumulado de energia elétrica (OLSZENSVSKI, 2011).

As categorias de impacto utilizaram com substâncias equivalentes: kg SO<sub>2</sub>eq para a acidificação, kg PO<sub>4</sub>eq para a eutrofização, kg CO<sub>2</sub>eq para o aquecimento global, m<sup>2</sup>a para a ocupação de terra e MJ para a demanda de energia.

#### 3.2.4 Interpretação

Para a interpretação foram realizadas constatações da análise do inventário e da avaliação de impacto visando alcançar conclusões e recomendações quanto à produção de 1@ de boi gordo (equivalente a 30 kg PV).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estimativa das emissões

Os resultados obtidos para cada etapa da metodologia aplicada para estimar as emissões são apresentados na tabela 12.

**Tabela 12 - Resultado dos cálculos das emissões para as Propriedades 1 e 2**

Categorias	Prop. 1			Prop. 2		Unidades
	Touros (reprodutores)	Vacas (matrizes)	Bezerros	Bezerras	Garrotes	
Nº animais	4,00	200,00	100,00	90,00	100,00	Unidade
<b>PV</b>	600	420	35-195	30-190	195-480	kg
<b>Em</b>	44,86	29,87	16,80	16,48	33,02	MJ/dia
<b>Ea</b>	7,63	5,08	6,05	5,93	11,89	MJ/dia
<b>Ec</b>	0,00	0,00	5,54	5,74	4,89	MJ/dia
<b>El</b>	-	12,35	-	-	-	MJ/dia
<b>Eg</b>	-	2,99	-	-	-	MJ/dia
<b>REM</b>	0,51	0,51	0,51	0,51	0,55	-
<b>REC</b>	0,31	0,31	0,31	0,31	0,37	-
<b>EB</b>	157,14	150,57	96,06	95,72	118,68	MJ/dia
<b>CMS</b>	12,99	9,94	5,20	5,10	10,22	kg/dia
<b>FE</b>	66,99	64,19	40,95	40,81	50,60	kg CH <sub>4</sub> /cabeça*ano
<b>CH<sub>4</sub>entérico</b>	267,96	12838,28	3972,33	3550,21	4907,76	kg CH <sub>4</sub> /ano
<b>CH<sub>4</sub>Dejetos</b>	4	200	97	87	97	kg CH <sub>4</sub> /ano
<b>Nex(T)</b>	78,84	55,19	25,62	24,97	63,07	kg N/cabeça*ano
<b>N<sub>2</sub>O<sub>D</sub></b>	3,57	124,88	28,12	24,58	69,22	kg N <sub>2</sub> O/ano
<b>N<sub>v</sub>volatização</b>	34,06	1192,06	268,43	234,58	660,74	kg N/ano

Para comparar os resultados deste estudo com outros autores, foram utilizados os valores obtidos nos fatores de emissão para metano (*FE*), pois são os valores base por unidade animal. Os resultados foram confrontados com os valores obtidos por Cardoso (2012) e Primavesi *et al.* (2012), apresentados (Tabela 13). Destaca-se que os resultados de Cardoso (2012), consideram um sistema de produção semi-intensivo, com gado a pasto com suplementação com sal mineral, utilizando o método do IPCC (2006) para o cálculo das estimativas. O estudo de Primavesi *et al.* (2012), que também utilizou o método IPCC (2006), estimou o fator de emissão para o rebanho bovino de corte brasileiro para as diferentes categorias animais, não havendo distinção do sistema produtivo.

**Tabela 13 - Comparação dos fatores de emissão de metano (kg CH<sub>4</sub>\*ano<sup>-1</sup>\*animal<sup>-1</sup>) em diferentes estudos**

Categorias animais	Este estudo		Cardoso (2012)		Primavesi <i>et al.</i> (2012)	
	Peso vivo (kg)	FE (kg CH <sub>4</sub> *ano <sup>-1</sup> )	Peso vivo (kg)	FE (kg CH <sub>4</sub> *ano <sup>-1</sup> )	Peso vivo (kg)	FE (kg CH <sub>4</sub> *ano <sup>-1</sup> )
Touros	600	66,99	650	61,3	800	52
Vacas	420	64,19	450	84	500	60
Bezerros	35-195	40,95	35-185	11,6	180	19
Bezerras	30-190	40,81	30-160	11,6	160	15
Garrotes	195-480	50,60	185-380	40,1	-	-
Novilho	-	-	360-420	41,4	215-389	40
Boi gordo	-	-	380-460	48,9	458	53

Os fatores de emissões encontrados neste estudo e nos demais atribuem maiores *FE* às categorias animais dos touros e vacas, seguidos pelas categorias de engorda, como garrote, novilho e boi gordo. Este resultado confirma o estudo de Monteiro (2009), que encontrou 63%, 30% e 5% das emissões de metano por categoria animal são das fases de cria, recria e engorda, respectivamente, sistemas intensivos a pasto com confinamento.

As diferenças entre os *FE* de cada estudo podem ser justificadas pelas diferenças nas considerações sobre cada sistema produtivo (extensivo ou intensivo), tipo de dieta, e digestibilidade. No estudo de Primavei *et al.* (2012) com o rebanho brasileiro, o mesmo foi considerado como sendo um sistema de produção extensivo, que é o adotado em 80% das propriedades brasileiras (CEDERBERG *et al.*, 2009). Assim, espera-se que as maiores diferenças nos *FE* ocorram principalmente nas categorias de animais correspondente à fase de engorda, pois a eficiência do processo produtivo em converter o alimento em produção de carne (promovendo menores perdas energéticas), resultará em *FE* menores para sistemas intensivos do que para extensivos.

**Tabela 14 - Comparação das emissões de N<sub>2</sub>O (kg N<sub>2</sub>O\*animal<sup>-1</sup>) em diferentes estudos**

Categorias animais	Este estudo		Cardoso (2012)	
	Peso vivo (kg)	kg N-NO <sub>2</sub> animal <sup>-1</sup>	Peso vivo (kg)	kg N-NO <sub>2</sub> animal <sup>-1</sup>
Touros	600	0,8925	650	0,4642
Vacas	420	0,6244	450	0,3981
Bezerros	35-195	0,2812	35-185	0,053
Bezerras	30-190	0,2731	30-160	0,053
Garrotes	195-480	0,6922	185-380	
Novilho	-	-	360-420	0,3042
Boi gordo	-	-	380-460	0,121

De acordo com o Segundo Comunicado Nacional de GEE (MCTI, 2011), a emissão por unidade animal é de 0,757 kg N<sub>2</sub>O. Já o valor médio encontrado neste estudo (somada as emissões diretas e dividida pelo número de animais) foi de 0,506 kg N<sub>2</sub>O. Em comparação com os resultados de Cardoso (2012), observa-se que este obteve resultados inferiores no quantitativo emitido de N<sub>2</sub>O. Esta diferença se deve ao uso de fatores de emissões diferentes, pois Cardoso (2012) obteve este fator in loco, enquanto que este estudo utilizou o valor de referência do IPCC (2006), que não representam exatamente as condições brasileiras.

Portanto, os resultados obtidos nesse estudo permitiram verificar que as emissões de GEE podem ser menores nos sistemas intensivos, tendo como base valores encontrados na literatura para sistema de produção extensivo. Os valores encontrados para as emissões de N<sub>2</sub>O, com base na metodologia e considerações adotadas, também são menores que os indicados no Segundo Comunicado Nacional de GEE.

Com isso, a pecuária de corte pode obter uma possível de redução das emissões de GEE, através da melhoria dos seus índices produtivos. Dentre estes, pode-se citar a intensificação do processo produtivo, com a introdução de técnicas mais eficazes de engorda, e a suplementação com concentrados e sal proteico que possibilitam o ganho de peso, independente da época do ano. Iniciativas como diminuir a mortalidade, a idade de abate, promover a melhoria genética dos animais que resultariam ganho de peso em menor tempo, também resultariam em uma menor emissão de GEE.

## **4.2 Avaliação do ciclo de vida**

Os resultados deste estudo são o inventário e a avaliação de impacto e as interpretações feitas a partir desses.

### **4.2.1 Análise de inventário**

Os resultados do inventário (Tabela 15), representam os quantitativos necessários para obter 1@ de boi gordo.

**Tabela 15 - Inventário para a produção de 1@ de boi gordo (equivalente a 30 kg PV), no sistema de pecuária semi-extensiva**

<b>Insumos</b>	<b>Unidade</b>	<b>Propriedade 1</b>	<b>Propriedade 2</b>
Área de pastagem	ha.ano	0,027	0,0205
Madeira para cerca	m <sup>3</sup>	0,0487	0,034
Arame para cerca	kg	0,1288	0,0904
Sal mineral	kg	2,25	3
Água para uso diversos (poço)	m <sup>3</sup>	0,13125	-
<b>Edificações</b>	<b>ha</b>	<b>0,000042</b>	<b>0,000021</b>
<b>Energia</b>			
Elétrica	kW	9,375	0,02625
Solar	kW	-	-
Combustível (Diesel)	L	0,4265625	-
<b>Emissões</b>			
CH <sub>4</sub>	kg	10,73	5,21
N <sub>2</sub> O <sub>Direta</sub>	kg	0,097	0,072
N <sub>Volatizado</sub>	kg	0,924	0,688
<b>Transporte</b>	<b>km</b>		
Insumos	km	0,75	1,075
Animais	km	-	0,19875
<b>Defensivos agrícolas</b>			
Herbicidas	L	0,0125	0,015625
Inseticidas	L	0,000625	-
<b>Medicamentos</b>			
Vacinas	doses	0,76875	0,33375
Anti-parasitário	L	0,013125	0,006875
Anti-inflamatórios e Antibióticos	ml	0,10625	0,28125
<b>Subproduto</b>			
Carne proveniente do descarte de matrizes	@	0,08125	-
Carne proveniente do descarte de bezerra	@	0,7125	-
<b>Produto</b>			
Carne proveniente do boi gordo	@	0,40625	1

Simplesmente, com uma análise prévia deste inventário (Tabela 15), pode-se constatar que a fase de cria e recria, realizada pela propriedade 1, tem uma demanda superior por área de pastagem e edificações, água, energia, combustível e medicamentos, do que na propriedade 2.

Esse desempenho, em relação à água e energia, pode ser explicado pelo maior número de funcionários, que residem na propriedade com seus familiares e usam esses recursos na manutenção da residência e consumo próprio, e não diretamente na pecuária. Deste modo, aumentam, também, a área de ocupação por edificações, visto que há mais

construções para atender essas pessoas, do que na propriedade 2, além das necessárias para pecuária, como o curral, escritório, etc.

O consumo de combustível foi contabilizado apenas para propriedade 1, devido ao uso de um trator, que auxilia em algumas atividades rotineiras. Já em relação à pastagem, esta necessita de uma área superior porque o número de animais é maior do que na fase de engorda, pois se contabiliza as vacas matrizes e touros, utilizados na reprodução, e os bezerros, que permanecem até a desmama. Ainda por causa do tamanho do rebanho, há um maior consumo de medicamentos e um montante de emissões maior para esta propriedade.

Em contrapartida, a propriedade 2 teve uma maior demanda por sal mineral e transporte. O sal mineral, porque tem a função de complementar a alimentação, no período de seca, para manter o peso do gado, e no período de chuva, para assegurar um maior rendimento no ganho de peso. Por isso, é utilizado em maior quantidade, na fase de engorda. O transporte justifica sua demanda, primeiro, devido à distância da propriedade 2 ser maior do que da propriedade 1 até a zona urbana, que fornece os insumos para produção; segundo, porque o transporte dos bezerros para a fase de engorda se contabiliza exclusivamente para a propriedade 2.

Esta análise prévia indica potenciais pontos onde se concentrará as cargas ambientais do processo produtivo, em decorrência da baixa eficiência do processo seja pelo uso dos recursos naturais ou pelo impacto ambiental inerente ao processo ou tecnologia. Apenas com a realização da fase de avaliação de impacto, é que se pode atribuir à significância destes impactos potenciais.

#### 4.2.2 Avaliação de impacto

Para a realização da avaliação de impacto foi utilizado o método CML 2001 modificado, através do software Simpro®. Assim, são apresentados os resultados da avaliação do ciclo de vida de acordo com os processos descritos no sistema e seus subsistemas, de acordo com as categorias de impactos selecionadas (acidificação, eutrofização, aquecimento global, uso do solo e demanda de energia acumulada). Os resultados são apresentados sob a nomenclatura “Produção (Prop. 1)” e “Produção (Prop. 2)”, cujos sistemas são descritos na tabela abaixo, respectivos de cada propriedade em estudo, propriedade 1 e 2.

**Tabela 16 - Descrição dos sistemas produtivos em estudo.**

<b>Sistemas</b>	<b>Descrição</b>
<b>Produção (Prop. 1)</b>	<b>Entradas:</b> pastagem (prop. 1), produção de sal mineral, defensivos agrícolas (prop.1), água subterrânea, água superficial (prop. 1), edificações (prop. 1), transporte de insumos (prop. 1), combustível diesel e produção de energia elétrica.
	<b>Saídas:</b> emissões de metano e dióxido de nitrogênio
	<b>Produto: Produção (prop. 1)</b> , que corresponde a produção de 12,1875kg PV de bezerros enviados para engorda.
	<b>Co-produto:</b> Bezerras e Vacas matrizes para descarte
<b>Produção (Prop. 2)</b>	<b>Entradas: Produção (Prop. 1) – a entrada dos 12,1875 kg PV de bezerros para engorda</b> , pastagem (prop. 2), produção de sal mineral, defensivos agrícolas (prop. 2), água superficial (prop. 2), edificações (prop. 2), transporte de insumos (prop. 2), transporte de animais, e produção de energia elétrica solar.
	<b>Saídas:</b> emissões de metano e dióxido de nitrogênio
	<b>Produto: Produção (prop. 2)</b> , que corresponde a produção de 1@ (equivalente a 30kg PV ou 15 kg peso de abate) de boi gordo, ou seja, o bezerro proveniente da propriedade 1, engordou 17,8125kg PV, alcançando os 30kg PV.

Ressalta-se que o sistema produtivo da propriedade 2, “Produção (Prop. 2)”, é o somatório do sistema produtivo da propriedade 1, “Produção (Prop. 1)”, com os subsistemas da propriedade 2, de acordo com a tabela 16, representando o sistema produtivo completo (cria, cria e engorda). Enquanto, que a propriedade 1, com o sistema “Produção (Prop. 1)” representa parcialmente o sistema produtivo (cria e cria).

O impacto ambiental da “Produção (Prop. 2)” é apresentado (Tabela 17), na qual está inserida a carga ambiental da “Produção (Prop. 1)”. Verifica-se, portanto, que o sistema produtivo da propriedade 1 é responsável por 12% dos impactos na categoria acidificação, 10,16% na categoria eutrofização, 13,12% na categoria aquecimento global, 45,82% na categoria uso do solo e 10,77% na categoria demanda de energia acumulada. Conclui-se, que o sistema produtivo da propriedade 2 é mais impactante em todas as categorias, pois em nenhuma delas o sistema “Produção (Prop. 1)” excedeu os 50%. Ou seja, a fase de engorda é mais impactante que a fase de cria e cria da pecuária de corte semi-intensiva, neste estudo de caso.

Estes resultados podem ser comparados e discutidos com outros estudos, como: Cederberg *et al.* (2009), Ogino *et al.* (2004) e Nguyen *et al.* (2010), apresentados resumidamente na tabela 19, cujos resultados são apresentados de forma comparativa na tabela 20. Destaca-se que para a elaboração das tabelas 21, 24, 27, 29 e 30, foi necessária a conversão dos resultados obtidos para cada categoria impacto, nos estudos de Cederberg *et al.* (2009) e Ogino *et al.* (2004), para 1 kg de carne peso de abate. Assim, os resultados foram discutidos por categoria de impacto.

**Tabela 17 - Resultado da avaliação de impacto ambiental pelo método CML 2001 modificado, para o sistema produtivo da propriedade 2, “Produção (Prop. 2)”, (em %).**

<b>Categoria de impacto</b>	<b>Unid</b>	<b>Total</b>	<b>Emissões (Prop. 2)</b>	<b>Produção de Sal Mineral</b>	<b>Pastagem (Prop. 2)</b>	<b>Edificações (Prop. 2)</b>	<b>Transporte de Insumos (Prop. 2)</b>	<b>Transporte de animais</b>	<b>Defensivos agrícolas (Prop. 2)</b>	<b>Produção (Prop. 1)</b>	<b>Produção de Energia Elétrica Solar</b>
Acidificação	%	100	5,57	71,41	0,07	x	0,04	0,02	0,03	12,00	10,87
Eutrofização	%	100	5,05	59,88	0,07	x	0,02	0,01	0,02	10,16	24,78
Aquecimento Global	%	100	8,02	66,98	0,04	x	0,05	0,01	0,01	13,12	11,77
Uso do Solo	%	100	x	16,28	0,28	1,10	0,00	0,00	0,02	45,82	36,50
Demanda de Energia Acumulada	%	100	x	72,50	0,06	x	0,05	0,01	0,02	10,77	16,58

**Tabela 18 - Resultado da avaliação de impacto ambiental pelo método CML 2001 modificado, para o sistema produtivo da propriedade 1, “Produção (Prop. 1)”, (em %).**

<b>Categoria de impacto</b>	<b>Unid</b>	<b>Total</b>	<b>Emissões (Prop. 1)</b>	<b>Pastagem (Prop. 1)</b>	<b>Produção de Sal Mineral</b>	<b>Defensivos Agrícolas (Prop 1)</b>	<b>Água subterrânea</b>	<b>Edificações (Prop 1)</b>	<b>Transporte de Insumos (Prop. 1)</b>	<b>Combustível (diesel)</b>	<b>Produção de Energia Elétrica (Concessionária)</b>
Acidificação	%	100	12,19	0,15	87,33	0,04	0,00002	x	0,04	0,17	0,07
Eutrofização	%	100	13,07	0,18	86,48	0,04	0,00002	x	0,03	0,13	0,07
Aquecimento Global	%	100	24,63	0,08	74,90	0,02	0,00008	x	0,05	0,09	0,24
Uso do Solo	%	100	x	0,16	5,21	0,01	0,00005	94,31	0,00	0,18	0,13
Demanda de Energia Acumulada	%	100	x	0,14	98,73	0,03	0,00017	x	0,06	0,55	0,49



**Tabela 19 - Resumos das características dos estudos que aplicaram a Avaliação do Ciclo de Vida na produção de carne bovina.**

<b>Características dos estudos</b>	<b>Cederberg <i>et al.</i> (2009)</b>	<b>Ogino <i>et al.</i> (2004)</b>	<b>Nguyen <i>et al.</i> (2010)</b>
Unidade funcional (UF)	1 kg de carne bovina brasileira, como equivalente peso de carcaça (peso vivo).	1 unidade animal da pecuária de corte do Japão.	1 kg de carne do peso de abate entregues pelas fazendas, na União Europeia.
Escopo	Este estudo é <i>farm-gate</i> , que inclui as emissões biogênicas de metano e óxido nitroso (do gado, do solo e do esterco) e as emissões de produção e utilização de materiais e energia. Considerou-se no sistema as vacas matrizes (a partir dos 4 anos de idade até 10), novilha (até 4 anos de idade) e o bezerro para engorda (até os 3 anos de idade, até 660kg)	Este estudo considera apenas a fase de engorda, iniciada com a compra de bezerros com 8 meses de idade e terminando com a comercialização de bovinos acabados com 28 meses de idade, até 722 kg peso vivo.	Estudo <i>cradle to farm gate</i> , considerando: alimentos para os animais (silagem, pastagem, cereais cultivados na propriedade, farelo de soja importada e minerais, ração concentrada (cereais e farelo de soja como ração de proteína), a produção de soja, a produção de suplemento alimentar mineral, a produção de fertilizantes e a produção de energia para as operações agrícolas, bem como o transporte desses.
Delimitações	Foram excluídos do estudo: construção de edifícios; produção máquinas agrícolas; produção, o uso e emissões de medicamentos e pesticidas; produção de sementes; produção e utilização de alimentos para complementar a alimentação (em adição a pastagem).	As cargas ambientais do transporte de bezerros para fazenda e dos novilhos acabados para o mercado foram excluídas. Com o esterco foi realizada compostagem, cujo composto final foi considerado como adubo orgânico e colocado para fora do sistema. As cargas ambientais associados à produção de bens de capital, tais como celeiro de gado e embarcador, não foram levados em conta.	-
Categorias de impacto	Mudanças climáticas, uso do solo e recursos energéticos.	Aquecimento global, acidificação, eutrofização e consumo de energia.	Aquecimento global, acidificação, eutrofização, ocupação do solo e uso de energia não-renovável.
Dados utilizados para transformar a UF em 1 kg de peso de abate	1 kg de peso vivo = 0,70 kg de carne sem osso kg (para abate).	Rendimento de 40% do peso vivo animal.	-

## - Acidificação

Para o sistema produtivo completo, “Produção (Prop. 2)”, o principal contribuinte da categoria acidificação (Tabela 17) foi o subsistema produção de sal mineral, com 71,41%, seguido pelos subsistemas: Produção (Prop. 1) com 12%, produção de energia elétrica solar 10,87% e Emissões (Prop. 2) com 5,57%.

Em relação à produção de sal mineral, da “Produção (Prop. 2)”, a maior contribuição veio das etapas de transporte, principalmente as emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados, que dos 71,41% deste subsistema, correspondem por 88,8% (Tabela 20) para a acidificação.

**Tabela 20 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 2), na categoria de impacto acidificação**

<b>Subsistema: Produção de sal mineral (Prop. 2)</b>	<b>% de contribuição</b>
Transporte - emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados	88,8%
Transporte – operação, manutenção e disposição final dos veículos e rodovias	11,1%

A produção de energia elétrica solar, na propriedade 2, que contribui com 10,87% para a acidificação, foi gerada, 100%, devido aos componentes dos painel solar, pois para esse foram considerados todos os componentes para sua montagem, a energia para sua manufatura, o transporte de materiais e pessoas para sua construção no local. Já a contribuição de 5,57% das emissões (Prop. 2) para acidificação é provocada pela emissão dos gases metano e dióxido de nitrogênio, devido à excreção e manejo dos dejetos dos bovinos.

Agora, considerando apenas o sistema da propriedade 1 (Tabela 18), verifica-se que os maiores contribuintes são a produção de sal mineral e a emissões (Prop. 1), com 87,3% e 12,2%, respectivamente. Semelhante ao sistema da propriedade 2, nessa também são ocasionados por causa das emissões de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados pelo transporte, operação e manutenção dos veículos e rodovias, para a produção de sal mineral, e pelas emissões de metano e dióxido de nitrogênio pelos bovinos para a Produção (Prop. 1).

Em comparação com outros trabalhos, observa-se que este estudo obteve resultado intermediário a Ogino *et al.* (2004), com 0,315 kgSO<sub>2eq</sub> e Nguyen *et al.* (2010), com (0,101; 0,131 e 0,173 kgSO<sub>2eq</sub>), (Tabela 21).

**Tabela 21 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto acidificação, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino.**

Categorias e Contribuições	Este estudo		Cederberg <i>et al.</i> (2009)		Ogino <i>et al.</i> (2004)		Nguyen <i>et al.</i> (2010)**			
	Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	A	B	C
<b>Acidificação</b>	<b>kgSO<sub>2eq</sub></b>	<b>0,230</b>	-	-	<b>kgSO<sub>2eq</sub></b>	<b>0,315</b>	<b>kgSO<sub>2eq</sub></b>	<b>0,101</b>	<b>0,131</b>	<b>0,173</b>
Emissões de NH <sub>3</sub> na engorda							%	69,2-85,7%		
Produção de ração					%	37%				
Tratamento de resíduos					%	36%				
Manejo animal					%	25%				
Produção de sal mineral	%	71,41								
Produção (Prop. 1)	%	12								
Produção de energia elétrica solar	%	10,87								
Emissões (Prop. 2)	%	5,57								

\*\*Os bezerros descendentes das vacas da pecuária de leite, logo após o nascimento são separados e criados artificialmente no rebanho leiteiro até alcançar um peso de aproximadamente 55 kg (1 mês de idade). Esta suposição foi feita para explicar o recrutamento de bezerros machos para entrar nos sistemas de engorda de carne bovina e as consequências ambientais deste uso de recursos.

A: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, até 12 meses de idade (até 450 kg peso vivo).

B: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, ração de silagem de capim, até 16 meses de idade (até 515 kg peso vivo).

C: Bezerros engordados com uma mistura de pastagem ao ar livre, e em confinamento alimentados com silagem de capim e concentrados, até 24 meses de idade (até 620 kg peso vivo).

No estudo de Ogino *et al.* (2004), as contribuições para acidificação foram principalmente pela produção de ração, tratamento de resíduos e manejo animal, responsável por 37, 36 e 25% da contribuição total, respectivamente, cada um na sua maioria devido a emissões de NH<sub>3</sub>. Já Nguyen *et al.* (2010), identificou como principal contribuinte as "emissões diretas de NH<sub>3</sub> de engorda" com uma taxa de contribuição de 69,2-85,7 %. Observa-se que neste estudo e no de Ogino *et al.* (2004) a produção de sal mineral e de ração, ou seja, a produção de alimentos são os principais contribuintes.

Os sistemas produtivos de cada trabalho foram distintos. Em Ogino *et al.* (2004) o sistema foi de confinamento; neste estudo foi o semi-intensivo, enquanto Nguyen *et al.* (2010), tiveram nos sistemas A e B, com dietas diferentes, sistemas em confinamento, e no sistema C, semi-intensivo. Assim, entre todos os estudos, o sistema produtivo menos impactante foi o de confinamento A de Nguyen *et al.* (2010). Esse é o sistema com maior eficiência, considerando o ganho de peso por mês – bezerros são recebidos com 1 mês (55 kg peso vivo) e engordados até 12 meses de idade (450 kg peso vivo) – rendendo 35,9 kg/mês. Já o estudo de Ogino *et al.* (2004) teve um rendimento de 23,5 kg/mês e este estudo 20 kg/mês. Pode-se atribuir este resultado pela melhor eficiência da conversão alimentar do sistema A de Nguyen *et al.* (2010). Em contrapartida Ogino *et al.* (2004) também estudaram o sistema de confinamento e não obtiveram a mesma eficiência, resultando em uma carga ambiental maior. Já este estudo, obteve rendimento ainda menor que os outros trabalhos, visto a menor eficiência na conversão alimentar no sistema semi-intensivo avaliado.

Assim, também pode-se atribuir as diferenças dos resultados às considerações a cerca dos alimentos utilizados na dieta dos animais, bem como a distância percorrida, o tipo de transporte e etc., visto que os estudos foram realizados em países diferentes, com fontes e logísticas diferentes: Ogino *et al.* (2004) no Japão, Nguyen *et al.* (2010) na União Europeia, e este estudo, no Brasil.

### **- Eutrofização**

Para a categoria eutrofização, considerando o sistema completo (Tabela 17), os subsistemas com as maiores contribuições são: produção de sal mineral, 59,88%, produção de energia elétrica solar, 24,78%, produção (prop. 1), 10,16% e emissões (prop. 2), 5,05%.

Dos 59,88% da contribuição da produção do sal mineral para eutrofização, 87,7% é decorrente das emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados oriundos do transporte dos insumos para a fabricação do sal (Tabela 22). Há ainda 12,3% por causa do transporte, mas relacionado à operação e manutenção de veículos e rodovias.

**Tabela 22 - Principais processos contribuintes na Produção de sal mineral (propriedade 2), na categoria de impacto eutrofização.**

<b>Subsistema: Produção de sal mineral (prop. 2)</b>	<b>% de contribuição</b>
Transporte - emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados.	87,7%
Transporte – operação, manutenção e disposição final dos veículos e rodovias	12,3%

No caso da energia solar, que contribuiu com 24,78% (Tabela 17), 100% é decorrente do painel solar, considerando novamente todos os seus componentes, a montagem, a energia para sua manufatura, o transporte de materiais e pessoas para sua construção no local. Para os 5,05% das emissões (prop. 2) (tabela 13), 100% desses são provenientes das emissões de metano e óxido de nitrogênio pelos dejetos e fermentação entérica dos bovinos.

Já para a Produção (Prop. 1), que contribuiu com 10,16% para a eutrofização no sistema produtivo da propriedade 2 (Tabela 17) contribui na propriedade 1 (Tabela 18), com 86,48% pela produção de sal mineral e 13,07% pelas emissões (prop.1). Destaca-se que dos 86,48% da produção de sal mineral na propriedade 1, 87,7% (Tabela 23) são decorrentes das emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados pelo transporte, e 12,3% relacionado à operação e manutenção de veículos e rodovias, também, pelo transporte.

**Tabela 23 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 1), na categoria de impacto eutrofização**

<b>Subsistema: Produção de sal mineral (Prop. 1)</b>	<b>% de contribuição</b>
Transporte - emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados.	87,7%
Transporte – operação, manutenção e disposição final dos veículos e rodovias	12,3%

Nesta categoria de impacto, não foi possível comparar os resultados de todos os estudos, pois Nguyen *et al.* (2010) utilizou uma unidade de medida diferente, portanto, são discutidos os resultados deste estudo e de Ogino *et al.* (2004).

Em comparação, este estudo obteve 130 gPO<sub>4eq</sub>, enquanto que Ogino *et al.* (2004) obtiveram 54,75 gPO<sub>4eq</sub> (Tabela 24). Mais uma vez, esta diferença pode estar relacionada ao rendimento na eficiência da conversão alimentar, ou seja, no ganho de peso em menor tempo, na qual o estudo de Ogino *et al.* (2004) apresenta uma eficiência superior, de 36,1 kg/mês, enquanto que este estudo de 20 kg/mês.

**Tabela 24 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto eutrofização, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino.**

Categorias e Contribuições	Este estudo		Cederberg <i>et al.</i> (2009)		Ogino <i>et al.</i> (2004)		Nguyen <i>et al.</i> (2010)**			
	Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	A	B	C
<b>Eutrofização</b>	<b>gPO<sub>4eq</sub></b>	<b>130</b>			<b>gPO<sub>4eq</sub></b>	<b>54,75</b>	<b>gNO<sub>3eq</sub></b>	<b>622</b>	<b>737</b>	<b>1140</b>
Emissões diretas de engorda (sendo o nitrato o principal contribuinte)							%	84%	87%	91%
Produção de sal mineral	%	59,88								
Produção de energia elétrica solar	%	24,78								
Produção (Prop. 1)	%	10,16								
Emissões (Prop. 2)	%	5,05								

\*\*Os bezerros descendentes das vacas da pecuária de leite, logo após o nascimento são separados e criados artificialmente no rebanho leiteiro até alcançar um peso de aproximadamente 55 kg (1 mês de idade). Esta suposição foi feita para explicar o recrutamento de bezerros machos para entrar nos sistemas de engorda de carne bovina e as consequências ambientais deste uso de recursos.  
A: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, até 12 meses de idade (até 450 kg peso vivo).  
B: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, ração de silagem de capim, até 16 meses de idade (até 515 kg peso vivo).  
C: Bezerros engordados com uma mistura de pastagem ao ar livre, e em confinamento alimentados com silagem de capim e concentrados, até 24 meses de idade (até 620 kg peso vivo).

Já em relação às etapas contribuintes, Ogino *et al.* (2004) identificaram como principais as emissões de NH<sub>3</sub> provenientes do tratamento de resíduos (compostagem), produção de ração e manejo animal – para o manejo considerou-se a iluminação do celeiro, preparação de alimentos, e transporte de estrume do celeiro. Este estudo obteve resultado semelhante, com contribuições significativas da produção de sal mineral, produção de energia elétrica solar, produção (Prop. 1), e emissões (Prop. 2). Evidencia-se, assim, a significância das etapas de produção de alimentos (produção de ração, preparação de alimentos, produção de sal mineral) como umas das principais cargas ambientais para ambos os sistemas produtivos, tanto de confinamento como semi-intensivo.

### **- Aquecimento global**

Para a categoria aquecimento global, considerando o sistema completo (Tabela 17), os subsistemas com as maiores contribuições foram: produção de sal mineral, 66,98%, produção (Prop. 1), 13,12%, produção de energia elétrica solar, 11,77% e emissões (Prop. 2), 8,02%.

Com base na tabela 25, verificando-se os subsistemas relacionados à produção de sal mineral (Prop. 2), observa-se que dos 66,98% (Tabela 17) que esse contribui para o aquecimento global, 88,5% são decorrentes das emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados devido ao transporte dos insumos, e 11,5% da operação, manutenção e disposição final dos veículos e rodovias, também, provocado pelo transporte de insumos.

**Tabela 25 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 2), na categoria de impacto aquecimento global.**

<b>Subsistema: Produção de sal mineral (Prop. 2)</b>	<b>% de contribuição</b>
Transporte - emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados.	88,5%
Transporte – operação, manutenção e disposição final dos veículos e rodovias	11,5%

Já as contribuições da produção de energia elétrica solar, 11,77% e emissões (Prop. 2), 8,02%, são 100% por causa dos painéis solares, como descrito anteriormente nas outras categorias, e 100% pelas emissões de gases metano e óxido de nitrogênio pelos bovinos, respectivamente.



Para a propriedade 1, na categoria aquecimento global, observam-se resultados semelhantes, pois a produção de sal mineral (Prop. 1) representa 74,90% e as emissões (Prop. 1) 24,63% (Tabela 18). As emissões provenientes do transporte de insumos contribuem com 88,5%, e a operação e manutenção dos veículos e rodovias com 11,5% (Tabela 26).

**Tabela 26 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 1), na categoria de impacto aquecimento global.**

Subsistema: Produção de sal mineral (prop. 1)	% de contribuição
Transporte - emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados.	88,5%
Transporte – operação, manutenção e disposição final dos veículos e rodovias	11,5%

Agora, comparando os resultados dos outros estudos (Tabela 27), observa-se que os resultados menos impactantes são de Nguyen *et al.* (2010), para o sistema A (16,0 kg CO<sub>2eq</sub>), o sistema B (17,9 kg CO<sub>2eq</sub>) e o C (19,9 kg CO<sub>2eq</sub>). É importante salientar que Nguyen *et al.* (2010) consideraram o papel das pastagens como sumidouro de carbono, diferentemente dos outros estudos, o que contribuiu para redução dos valores obtidos.

Destaca-se, ainda, que dentre os 3 sistemas, o C foi o mais impactante, sendo esse um sistema produtivo semi-intensivo, semelhante ao deste estudo. Assim, compara-se o sistema C de Nguyen *et al.* (2010) com este estudo, e verifica-se uma diferença maior que 4 vezes o valor obtido neste estudo com de Nguyen *et al.* (2010). Novamente, pode ser atribuída a diferença dos resultados ao rendimento dos sistemas produtivos (ganho de peso por mês), ou seja, na eficiência na conversão alimentar, e também a consideração da pastagem como sumidouro de carbono.

Mesmo os sistemas produtivos em confinamento – Ogino *et al.* (2004) e Nguyen *et al.* (2010), sistemas A e B – tiveram resultados distintos. O estudo de Ogino *et al.* (2004) obteve resultado 2 vezes maior que o sistema A, e 1,8 vezes maior que o sistema B. As diferenças se devem à maior eficiência de conversão alimentar, as diferenças das considerações das fontes de alimento (tipo, origem e distância) e ao considerar as pastagens como sumidouro de carbono, no caso de Nguyen *et al.* (2010). Tanto que para Nguyen *et al.* (2010), as maiores contribuições provém das emissões de GEE decorrentes da fermentação entérica e do esterco; enquanto Ogino *et al.* (2004), que também possui parcela significativa decorrentes da fermentação entérica e do esterco (48%), obteve que 41% dos impactos são provenientes da produção e transporte de alimentos (Tabela 27).

**Tabela 27 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto aquecimento global, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino.**

Categorias e Contribuições	Este estudo		Cederberg <i>et al.</i> (2009)		Ogino <i>et al.</i> (2004)		Nguyen <i>et al.</i> (2010)**			
	Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	A	B	C
<b>Aquecimento Global (Total)</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eq</b>	<b>86,61</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eq</b>	<b>57,55</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eq</b>	<b>32,3</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>eq</b>	<b>16,0*</b>	<b>17,9*</b>	<b>19,9*</b>
CH <sub>4</sub> (Fermentação entérica)			%	76	%	48				
N <sub>2</sub> O			%	22						
CH <sub>4</sub> e N <sub>2</sub> O diretas da engorda							%	48	55	78
Emissões de carbono pelo uso da terra							%	21	15	12
Produção de alimento					%	27				
Transporte do alimento					%	14				
Produção de sal mineral	%	66,98								
Produção (prop. 1)	%	13,12								
Produção de energia elétrica solar	%	11,77								

\*\*Os bezerros descendentes das vacas da pecuária de leite, logo após o nascimento são separados e criados artificialmente no rebanho leiteiro até alcançar um peso de aproximadamente 55 kg (1 mês de idade). Esta suposição foi feita para explicar o recrutamento de bezerros machos para entrar nos sistemas de engorda de carne bovina e as consequências ambientais deste uso de recursos.  
A: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, até 12 meses de idade (até 450 kg peso vivo).  
B: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, ração de silagem de capim, até 16 meses de idade (até 515 kg peso vivo).  
C: Bezerros engordados com uma mistura de pastagem ao ar livre, e em confinamento alimentados com silagem de capim e concentrados, até 24 meses de idade (até 620 kg peso vivo).

Agora, comparando o resultado do presente estudo (86,61 kg CO<sub>2eq</sub>) com o de Cederberg *et al.* (2009) (57,55 kg CO<sub>2eq</sub>), sistemas semi-intensivo e extensivo, respectivamente, ambos considerando a produção em território brasileiro, constata-se que este estudo é 1,5 vezes mais impactante (Tabela 27). A diferença entre os estudos pode ser conferida ao fato de Cederberg *et al.* (2009) não considerarem a produção e utilização de alimentos para complementar a alimentação (em adição a pastagem), com exceção do sal mineral; e subestimar o consumo de energia na produção primária nas fazendas, os quais foram considerados por este estudo. Tanto que as contribuições de Cederberg *et al.* (2009) se concentram nas emissões de metano pela fermentação entérica (76%, Tabela 27), enquanto neste estudo aproximadamente 67% foi proveniente da produção de sal mineral (Tabela 27).

#### **- Uso do solo**

Para a categoria uso do solo foi observado um resultado diferente, pois o subsistema que obteve a maior contribuição foi a Produção (Prop. 1), com 45,8%, seguido pela produção de energia elétrica solar, com 36,5% e produção de sal mineral, com 16,3% (Tabela 17).

Assim, o maior responsável pela carga ambiental nesta categoria, no sistema produtivo da propriedade 1, foi o subsistema edificações (Tabela 18), com 94,31%, seguido pela produção de sal mineral, com 5,21%. O subsistema Edificações se destacou na propriedade 1 porque nesta existe uma maior área construída, compreendida pela sede da fazenda (casa do proprietário e escritório), a casa dos funcionários, pomar, vias, armazém, curral e estábulo.

No caso da produção de sal mineral (Tabela 18), dos 5,21% dos impactos ambientais, 50,6% são provenientes do transporte inerentes do processo produtivo, das emissões para o ar de substâncias gasosas, do material particulado e metais pesados; 48,4% do transporte, em relação à operação, manutenção e disposição final dos veículos e rodovias, e 1,05% das embalagens plásticas que o sal mineral vem embalado, contabilizando o transporte da matéria prima para a planta industrial, como o processo de extrusão (Tabela 28).

**Tabela 28 - Principais processos contribuintes na produção de sal mineral (propriedade 1), na categoria uso do solo**

<b>Subsistema: Produção de sal mineral (Prop. 1)</b>	<b>% de contribuição</b>
Transporte - emissões para o ar de substâncias gasosas, material particulado e metais pesados	50,6%
Transporte – operação, manutenção e disposição final dos veículos e rodovias	48,4%
Embalagem plástica (transporte, extrusão e a planta industrial)	1,05%

Retomando a análise para o sistema produtivo da propriedade 2, quanto à produção de energia elétrica solar, que contribui com 36,50% (Tabela 17), novamente esta é decorrente do painel solar, e de seus aspectos de manufatura, componentes e transporte de pessoas e materiais. Já a produção de sal mineral, com 16,28% (Tabela 17), outra vez é proveniente do transporte, e neste caso, também, da produção da embalagem plástica e de seu transporte.

Em relação aos outros estudos encontrado na literatura, pode-se comparar apenas este estudo com o de Nguyen *et al.* (2010), pois Ogino *et al.* (2004) não consideraram esta categoria de impacto e Cederberg *et al.* (2009) utilizaram uma unidade de medida diferente (Tabela 29).

O sistema produtivo de Nguyen *et al.* (2010) teve impacto maior em seus 3 sistemas (A, B e C), para o sistemas A e B pode-se justificar o resultado pelo uso de alimentos concentrados provenientes da soja, silagem e cereais e produção de forragem contabilizando as respectivas áreas de plantio. No sistema C, soma-se à essas a área de pastoreio, por se tratar de um sistema semi-intensivo. Já neste estudo, teve uma requisição menor de área de pastagem porque as propriedades utilizam a rotação de piquetes (divisão das pastagens em lotes menores, para ocupação em períodos curtos, rotação) e a alimentação é complementada somente com sal mineral. Tanto é que as maiores contribuições não foram destas e sim da Produção (Prop. 1), que corresponde às edificações, devido à estrutura administrativa e residências dos trabalhadores, fatores não contabilizados nos outros estudos.

**Tabela 29 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto uso do solo, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino.**

Categorias e Contribuições	Este estudo		Cederberg <i>et al.</i> (2009)		Ogino <i>et al.</i> (2004)		Nguyen <i>et al.</i> (2010)**			
	Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	A	B	C
<b>Uso do solo</b>	<b>m²ano</b>	<b>1,27</b>	<b>m² ano<sup>-1</sup></b>	<b>357</b>			<b>m²ano</b>	<b>16,5</b>	<b>16,7</b>	<b>22,7</b>
Pastagem	%	0,28							2,0	18,2
Área cultivada (como grãos e cereais)								16,5	14,7	4,5
Uso da terra direto para engorda								66,1%	72,5%	94,5%
Produção (Prop. 1)	%	45,8								
Produção de energia elétrica solar	%	36,5								
Produção de sal mineral	%	16,3								
Edificações	%	1,1								

\*\*Os bezerros descendentes das vacas da pecuária de leite, logo após o nascimento são separados e criados artificialmente no rebanho leiteiro até alcançar um peso de aproximadamente 55 kg (1 mês de idade). Esta suposição foi feita para explicar o recrutamento de bezerros machos para entrar nos sistemas de engorda de carne bovina e as consequências ambientais deste uso de recursos.

A: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, até 12 meses de idade (até 450 kg peso vivo).

B: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, ração de silagem de capim, até 16 meses de idade (até 515 kg peso vivo).

C: Bezerros engordados com uma mistura de pastagem ao ar livre, e em confinamento alimentados com silagem de capim e concentrados, até 24 meses de idade (até 620 kg peso vivo).

### **- Demanda de energia acumulada**

Para a categoria demanda de energia acumulada, o sistema produtivo da propriedade 2 possui maior carga ambiental oriunda da produção de sal mineral, 72,5%, seguido pela produção de energia elétrica solar, 16,58% e pela produção (prop.1), 10,77% (Tabela 17). Considerando o sistema produtivo da propriedade 1, a produção de sal mineral possui uma carga ainda maior, representando 98,73% (Tabela 18).

Assim como nas categorias anteriores, a produção de sal mineral se destacou como sendo a de maior impacto por causa das etapas do transporte, decorrentes das emissões (86,6%), e da manutenção e operação dos veículos e rodovias (13,3%), do total de 72,50% que contribui para a propriedade 2. A produção de energia elétrica solar, da mesma forma, por causa do painel solar, e de seus aspectos de manufatura, componentes e transporte de pessoas e materiais.

Em comparação com outros estudos (Tabela 30), este estudo obteve a maior carga ambiental, pois contabilizou a demanda de energia para a fabricação do sal mineral, com parte dos dados primários, e visto as características produtivas do painel solar utilizado. Mesmo este estudo tendo obtido o maior impacto ambiental para categoria demanda de energia acumulada (1180,86 MJ), parte da energia utilizada foi proveniente de fontes renováveis (energia solar e hidroelétrica), enquanto que o estudo de Cederberg *et al.* (2009) obteve 7,55 MJ (Tabela 30), sendo assim a produção extensiva pode ser considerada como a menos impactante de todos os estudos analisados para a categoria de impacto em questão. Cederberg *et al.* (2009) ainda afirmam que a produção de ração mineral é a responsável pela maior parte do consumo de energia na produção primária, enquanto o diesel (para o replantio de pastagens) e fertilizantes são de menor importância. Assim, avaliando apenas os principais contribuintes este resultado está em consonância com este estudo.

Ainda, sob a perspectiva dos contribuintes para o valor total da demanda de energia acumulada, Ogino *et al.* (2004) também afirmam que as etapas de produção de ração e de transporte de alimentação são os contribuintes dominantes ao consumo de energia. Desta forma, pode-se afirmar que a maior parte da energia foi consumida antes mesmo do alimento chegar ao gado.

Já o sistema produtivo de Nguyen *et al.* (2010) utilizou somente fontes de energia não renováveis, e seus principais contribuintes foram o uso de energia direta em engorda

(50-58%, Tabela 30) e a importação de fertilizantes (42,9%, Tabela 30), visto que seu sistema produtivo é em maior parte em confinamento, por isso as contribuições se diferem.

**Tabela 30 - Comparação entre estudos para a categoria de impacto demanda de energia acumulada, em relação à 1 kg de peso de abate de bovino.**

Categorias e Contribuições	Este estudo		Cederberg <i>et al.</i> (2009)		Ogino <i>et al.</i> (2004)		Nguyen <i>et al.</i> (2010)**			
	Unidade		Unidade		Unidade		Unidade	A	B	C
<b>Demanda de energia acumulada (Total)</b>	<b>MJ</b>	<b>1180,86</b>	<b>MJ</b>	<b>7,55</b>	<b>MJ</b>	<b>177,79</b>	<b>MJ<sub>primário</sub></b>	<b>41,3</b>	<b>41,7</b>	<b>48,2</b>
Fontes não renováveis			MJ	6,53			MJ <sub>primário</sub>	41,3	41,7	48,2
Contribuinte para energia não renovável – uso de energia direta em engorda							%	50-58		
Contribuinte para energia não renovável – importação de fertilizante							%			42,9
Fontes renováveis	-	-	MJ	1,02						
Produção de alimento					%	64				
Transporte de alimento					%	35				
Produção de sal mineral	%	72,5								
Produção de energia elétrica solar	%	16,6								
Produção (Prop. 1)	%	10,8								
<p>**Os bezerros descendentes das vacas da pecuária de leite, logo após o nascimento são separados e criados artificialmente no rebanho leiteiro até alcançar um peso de aproximadamente 55 kg (1 mês de idade). Esta suposição foi feita para explicar o recrutamento de bezerros machos para entrar nos sistemas de engorda de carne bovina e as consequências ambientais deste uso de recursos.</p> <p>A: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, até 12 meses de idade (até 450 kg peso vivo).</p> <p>B: Bezerros criados em confinamento alimentados com concentrados, ração de silagem de capim, até 16 meses de idade (até 515 kg peso vivo).</p> <p>C: Bezerros engordados com uma mistura de pastagem ao ar livre, e em confinamento alimentados com silagem de capim e concentrados, até 24 meses de idade (até 620 kg peso vivo).</p>										



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Avaliação do Ciclo de Vida aplicada neste estudo, para avaliação do sistema produtivo da pecuária de corte semi-intensiva de duas propriedades localizadas no sudoeste baiano, permitiu a identificação dos pontos críticos, dos subsistemas, quantificação dos insumos e matérias primas e identificação dos impactos ambientais associados ao sistema produtivo.

Os resultados obtidos indicaram que a fase mais impactante da pecuária de corte do ponto de vista ambiental, considerando desde a fase de cria até a fase de venda do animal vivo na porta da fazenda, como sendo a fase de engorda, a qual é realizada na propriedade 2. Isso se deve ao fato que o sistema produtivo da propriedade 1 é responsável por 12% dos impactos na categoria acidificação, 10,16% na categoria eutrofização, 13,12% na categoria aquecimento global, 45,82% na categoria uso do solo e 10,77% na categoria demanda de energia acumulada. Conclui-se que o sistema produtivo da propriedade 2 é mais impactante em todas as categorias, pois em nenhuma delas o sistema “Produção (Prop. 1)” excedeu os 50%.

Já em relação às categorias de impacto a produção de sal mineral foi a etapa mais impactante em quase todas, com exceção apenas da categoria uso do solo, na qual a principal carga ambiental foi proveniente das edificações da propriedade 1. Assim, observa-se que se promovesse a redução do consumo de sal mineral no processo produtivo estudado, seria obtida uma significativa redução da carga ambiental do processo todo.

Existem medidas que podem reduzir o uso de sal mineral, como o plantio de leguminosas em consórcio com a pastagem, que promove o aumento do fornecimento de nitrogênio derivado da fixação biológica, substituindo os fertilizantes nitrogenados; as pastagens consorciadas acumulam uma maior taxa de carbono; o aumento da produtividade animal, pois os animais são alimentados com uma forragem de melhor qualidade (Boddey *et al.*, 2012).

Quando os resultados deste estudo são comparados com outros encontrado na literatura – Cederberg *et al.* (2009) (sistema extensivo), Ogino *et al.* (2004) (sistema em confinamento) e Nguyen *et al.* (2010) (sistema em confinamento e semi-intensivo) – observa-se que para as categorias: acidificação, o menor impacto ambiental ocorreu no estudo de Nguyen *et al.* (2010), tanto para os sistemas em confinamento quanto para o semi-intensivo; eutrofização, em gPO<sub>4</sub>eq o sistema em confinamento de Ogino *et al.* (2004) obteve menor impacto, em consonância, Nguyen *et al.* (2010) também obtiveram

melhor resultado para os sistemas em confinamento; aquecimento global, os melhores resultados foram dos sistemas (A, B e C) de Nguyen *et al.* (2010); uso do solo, os resultados deste estudo foram os que apresentaram melhor desempenho; e demanda de energia cumulativa, o sistema extensivo estudado por Cederberg *et al.* (2009) teve o menor impacto ambiental.

Visto que não houve uma predominância de nenhum dos estudos comparados nas categorias de impactos analisadas, não seria possível indicar o sistema produtivo menos impactante. No entanto, ocorreu uma predominância das fases de produção e transporte de alimentos, como principais contribuintes na maior parte das categorias de impacto, em conformidade com o apontado por este estudo, que identificou a produção de sal mineral, e dentro dessa, o transporte como principal carga ambiental.

Assim, sugere-se, com base nesses resultados, que o aperfeiçoamento de técnicas para o ganho de peso pelo rebanho, reduzindo o uso de sal mineral e do tempo para abate seria possível obter uma significativa redução da carga ambiental nas categorias impacto, devido à contribuição dos sistemas produção de sal mineral e emissões.

Para o sistema produção de energia elétrica solar, nota-se que este tem uma carga ambiental maior do que a energia elétrica da concessionária, cuja fonte apresenta um percentual elevado de hidroeletricidade.

Assim, conclui-se este trabalho com a identificação das limitações do estudo realizado, que são:

- Utilização de dados secundários quanto à modelagem das etapas do sistema em estudo, como a produção sementes, transporte, produção de combustíveis, produção de energia elétrica, defensivos agrícolas, aspectos construtivos das edificações. Foram utilizados dados primários apenas em relação ao quantitativo necessário aos insumos e produtos, inerentes do sistema. Assim, a modelagem foi realizada com base nas características dos sistemas obtidos na base de dados do *software* utilizado, visto que estes dados nem sempre representam a realidade estudada, mas sim a mais próxima dessa.

- Delimitação do sistema em estudo, não sendo possível avaliar a cadeia produtiva completa, desde a obtenção das matérias primas, até o consumo final da carne bovina.

6.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, C.M.V.B. de; GIANNETTI, B.F. **Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/pdp/index.php/politica/setores/sistemaAgroindustrial/164>>; Acesso em: ago. de 2011.
- BODDEY, R.M.; ALVES, B.J.R.; JANTALIA, C.P.; MACHADO, P.L.O. de A.; SOARES, L.H. de B.; URQUIAGA, S. **Práticas mitigadoras das emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira**. In: LIMA, M.A *et al.* Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- BUNGENSTAB, D.J. **Pecuária de corte brasileira: redução do aquecimento global pela eficiência dos sistemas de produção**. Documentos 192. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, 2012. ISSN 1983-974X. Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/DOC192.pdf>; Acesso em: jul. 2013.
- CARDOSO, A. da S. **Avaliação das emissões de gases de efeito estufa em diferentes cenários de intensificação do uso das pastagens no Brasil Central**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012.
- CASEY, J.W.; HOLDEN, N.M. Greenhouse Gas Emissions from Conventional, Agri-Environmental Scheme, and Organic Irish Suckler-Beef Units. **Journal of Environmental Quality**, v. 35, p. 231–239, 2006.
- CEDERBERG, C.; MEYER, D.; FLYSJÖ, A. **Life cycle inventory of greenhouse gas emissions and use of land and energy in Brazilian beef production**. SIK Report n. 792. The Swedish Institute for Food and Biotechnology, 2009. ISBN 978-91-7290-283-1. Disponível em: <http://www.sik.se/archive/pdf-filer-katalog/SR792.pdf>; Acesso em: ago. 2008.
- CEDERBERG, C.; SONESSON, U.; HENRIKSSON, M.; SUND, V.; DAVIS, J.; **Greenhouse gas emissions from Swedish production of meat, milk and eggs 1990 and 2005**. The Swedish Institute for Food and Biotechnology, 2009b. ISBN 978-91-7290-284-8.
- CEZAR, I.M.; QUEIROZ, H.P.; THIAGO, L.R.L.S.; CASSALES, F.L.G.; COSTA, F.P. **Sistemas de Produção de Gado de Corte no Brasil: Uma Descrição com Ênfase no Regime Alimentar e no Abate**. Documentos 151. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS, 2005. ISSN 1517-3747. Disponível em: [http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc\\_pdf/doc151.pdf](http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/doc/doc_pdf/doc151.pdf); Acesso em: jul. de 2013.
- CHEHEBE, J.R. **Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, CNI, 1997. 120p.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Inventário de Emissão de Metano pela Pecuária** (Fermentação Entérica e Sistemas de Manejo de Dejetos Animais) do Estado de São Paulo, 1990 a 2008. São Paulo, 2011.

- DIAS, M.C.O.; PEREIRA, M.C.B.; DIAS, P.L.F.; VIRGÍNIO, J.F. **Manual de Impactos Ambientais** - Orientações Básicas sobre Aspectos Ambientais de Atividades Produtivas. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2008.
- FERREIRA, H.F.; PIRES, A.J.V.; MOTA, J.A. Produção Leiteira na Microrregião de Itapetinga, Bahia: Aspectos Sócio-Econômicos REDVET **Revista electrónica de Veterinaria**, v. VI, n. 7, p. 1-14, 2005.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Livestock's long shadow - Environmental issues and options**. Roma, 2006. ISBN 978-92-5-105571-7. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm>; Acesso em: jul. de 2013.
- GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- GUINÉE, J. **Development of a Methodology for the Environmental Life-Cycle Assessment of Products** (with a case study on margarines). PhD Thesis. Leiden University, Leiden, 1995.
- HAAS, G.; WETTERICH, F.; KÖPKE, U. Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, n. 83, p. 43–53, 2001.
- HUNT, R.; FRANKLIN, E. LCA - How it Came About. Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, vol. 1 (1) 4-7. Landsberg, Germany: Ecomed, 1996.
- IBGE - INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Censo Agropecuário, 2007.
- Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Vol. 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. 2006.
- 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.
- MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Influência do Manejo da Produção Animal sobre a Emissão de Metano em Bovinos de Corte**. 2004. Disponível em: [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0012/12921.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0012/12921.pdf); Acesso em: jul. de 2013.
- MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Segundo Comunicado Nacional das Emissões de Gases de Efeito Estufa**. 2011. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310581.html#lista>; Acesso em: maio de 2014.
- MELADO, J. **Pastoreio Voisin e Pastagem Ecológica: Bases para uma Pecuária Sustentável**. 2013. Disponível em: [http://www.fazendaecologica.com.br/www/lt\\_produto/lt\\_view.asp?id\\_lt\\_produto=27](http://www.fazendaecologica.com.br/www/lt_produto/lt_view.asp?id_lt_produto=27); Acesso em: jul. de 2013.
- MILINSKI, C.C.; GUEDINE, P.S.M.; VENTURA, C.A.A. O Sistema Agroindustrial do Leite no Brasil: Uma Análise Sistêmica. In: Congresso Brasileiro de Sistemas, 4º, 2008, Franca. **Anais...** Franca: Uni-FACEF, 2008.

- MONTEIRO, R.B.N.C. **Desenvolvimento de um modelo para estimativas da produção de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo. Piracicaba. 75 p. 2009.
- MORILHAS, L.J.; SCATENA, L.S; MACEDO, L.O.B. **Mitigação de Gases de Efeito Estufa: Abordagem Setorial.** São Paulo: FEA/USP, 2009. Disponível em: [http://www.usp.br/mudarfuturo/2009/pdf/09\\_05\\_22\\_cap1.pdf](http://www.usp.br/mudarfuturo/2009/pdf/09_05_22_cap1.pdf); Acesso em: Jul. de 2013.
- NGUYEN, T.L.T.; HERMANSEN, J.E.; MOGENSEN, L. Environmental consequences of different beef production systems in the EU. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, p. 756-766, 2010.
- OGINO, A.; KAKU, K.; OSADA, T.; SHIMADA, K. Environmental impacts of the Japanese beef-fattening system with different feeding lengths as evaluated by a life-cycle assessment method. **Journal of Animal Science**. v. 82, p. 2115–2122, 2004.
- 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 – Florianópolis, SC, 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.
- PACHAURI, R.K. Eating our future: **The environmental impact of industrial animal agriculture.** World Society for the protection of the animals (WSPA). London, 2008. Disponível em: [http://www.wspa-international.org/Images/REPORT-%20Eating%20our%20future\\_tcm25-25530.pdf](http://www.wspa-international.org/Images/REPORT-%20Eating%20our%20future_tcm25-25530.pdf); Acesso em: jul. de 2013.
- PEIXOTO, A. **Pecuária de Itapetinga solicita maior suporte técnico do governo.** Jornal a Tarde, 11 de agosto de 2010, Salvador – BA. Disponível em: <http://atarde.uol.com.br/noticias/5604182>; Acesso em: ago. 2012.
- PRIMAVESI, O.; BERNDT, A.; LIMA, M.A. de; FRIGHETTO, R.T.S; DEMARCHI, J.J.A. de A.; PEDREIRA, M. dos S. **Produção de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários – bases para inventário de emissão de metano por ruminantes.** In: LIMA, M.A. et al. Estoques de carbono e emissões de gases de efeito estufa na agropecuária brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- ROY, P.; NEI, D.; ORIKASA, T.; XU, Q.; OKADOME, 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, L.M.M. **Avaliação ambiental de processos industriais.** 2 ed. São Paulo: Signus Editora, 2006. 130p.
- SCHLESINGER, S. **Onde pastar? O gado bovino no Brasil.** Rio de Janeiro: FASE, 2010. Disponível em: [http://br.boell.org/downloads/gado\\_brasil\\_serjio\\_schlesinger.pdf](http://br.boell.org/downloads/gado_brasil_serjio_schlesinger.pdf); Acesso em: jul. de 2013.

- 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.
- VRIES, M.; BOER, I.J.M. de. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. **Livestock Science**, v. 128, p. 1–11, 2010.
- WILLERS, C.D.; RODRIGUES, L.B. A critical evaluation of Brazilian life cycle assessment studies. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, n. 1, p. 144-152, 2014.
- WILLERS, C.D.; RODRIGUES, L.B. Um panorama sobre avaliação de ciclo de vida com base nos anais do simpósio de engenharia de produção. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, p. 199-218, 2012.
- WILLERS, C.D.; RODRIGUES, L.B.; SILVA, C.A. Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais. **Produção** (São Paulo. Impresso), v. 22, p. 1-12, 2012.
- WILLERS, C.D.; RODRIGUES, L.B.; SILVA, N.L. Inventário de Ciclo de Vida produção de leite em uma unidade experimental em Itapetinga – BA. In: Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida, II. **Anais...** Florianópolis, SC, 2010.
- WILLIAMS, H.; WIKSTRÖM, F. Environmental impact of packaging and food losses in a life cycle perspective: a comparative analysis of five food items. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 43-48, 2011.