

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Análise econômico-ambiental da intensificação da pecuária de corte no
Centro-Oeste brasileiro**

Matheus Henrique Scaglia Pacheco de Almeida

**Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre
em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada**

**Piracicaba
2010**

Matheus Henrique Scaglia Pacheco de Almeida
Bacharel em Ciências Econômicas

Análise econômico-ambiental da intensificação da pecuária de corte no Centro-Oeste brasileiro

Orientador:

Prof. Dr. **JOAQUIM BENTO DE SOUZA FERREIRA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2010

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Almeida, Matheus Henrique Scaglia Pacheco de
Análise econômico-ambiental da intensificação da pecuária de corte no Centro-Oeste brasileiro / Matheus Henrique Scaglia Pacheco de Almeida. - - Piracicaba, 2010.
86 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Aquecimento global 2. Confinamento animal 3. Efeito estufa 4. Pecuária de corte
Título

CDD 338.176
A447a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico este trabalho a minha esposa, **Daiane Rocha Scaglia**, e minha filha, **Beatriz Rocha de Almeida**, em gratidão aos momentos em que vivemos, convivemos e crescemos juntos durante o período de duração do mestrado.

Dedico também à minha mãe, **Mironiudes Scaglia**, ao meu pai, **Renato Pacheco de Almeida Filho**, e ao meu irmão, **Renato Scaglia Pacheco de Almeida**, por todos esses anos de aprendizado.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho, por ter me orientado durante o desenvolvimento deste trabalho e por provocar discussões práticas e saudáveis para o enriquecimento do tema.
- Ao Prof. Dr. Sergio De Zen por ter me apoiado na escolha do tema, ter fornecido os dados para o desenvolvimento do trabalho e propiciado vivencia prática na coleta de informações de custo da produção pecuária.
- Ao Prof. Dr. Geraldo Sant`Ana de Camargo Barros, coordenador científico do CEPEA.
- À Prof. Dra. Silvia Helena Galvão de Miranda, à Dra. Daniela Bacchi Bartolomeu e ao Dr. Luís Gustavo Barioni pelas contribuições ao trabalho durante toda sua fase de elaboração.
- À Maria Aparecida Maielli Travalini, secretária do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, pela orientação ao longo do curso.
- Amigos, Thiago (Baraio), Guilherme (Todanu), Daniel (Capitão), Lucas, Gustavo (Alevino), Pedro, André, Leonardo, Iuri, Jerônimo, e muitos outros com quem convivi durante o período do mestrado.
- Às bibliotecárias Silvia Maria Zinsly e Ligiana Clemente do Carmo, pela paciência e pela ajuda na normatização do trabalho.
- À CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil, pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Objetivo	14
1.2 Apresentação do trabalho	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Descrição do problema	15
2.1.1 Economia da pecuária.....	16
2.1.2 Sistemas de produção	19
2.1.3 Problemas ambientais.....	22
2.1.4 Emissão de Gases Efeito Estufa	25
2.2 Estratégias de mitigação	30
2.2.1 Melhoria das pastagens.....	32
2.2.2 Confinamento	33
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 Fonte dos dados e premissas.....	35
3.1.1 Preços de insumos e produtos.....	36
3.1.2 Premissas básicas do modelo.....	38
3.2 Evolução do rebanho	40
3.3 Avaliação de projetos	40
3.3.1 Fluxo de caixa.....	42
3.3.2 Valor Presente Líquido	43
3.3.3 Taxa Interna de Retorno	44
3.3.4 Risco e incertezas	44
3.4 Cálculo das emissões de GEE	47
3.4.1 Fermentação entérica.....	48
3.4.2 Emissão de metano pelo tratamento dos dejetos.	52
3.4.3 Emissões de Oxido Nitroso (N ₂ O)	54

3.4.4 Emissões de dióxido de carbono (CO ₂)	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	63
4.1 Característica da pecuária de corte no Centro-Oeste brasileiro	63
4.2 Emissão de Gases Efeito Estufa.....	66
4.3 Avaliação econômica	71
4.3.1 Custos.....	72
4.3.2 Avaliação sob a ótica do investidor	74
4.3.3 Avaliação econômica com o benefício ambiental.....	79
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
REFERÊNCIAS.....	83

RESUMO

Análise econômico-ambiental da intensificação da pecuária de corte no Centro-Oeste brasileiro

A pecuária de corte que gera emprego e renda para bilhões de pessoas em todo o mundo, vem ganhando destaque pelos impactos negativos causados ao meio ambiente. Isso decorre do sistema extensivo de produção adotado na maioria das regiões produtoras, que consome uma grande quantidade de recursos naturais como terra e água. Nas últimas décadas, a crescente preocupação com o aquecimento global estimulou as investigações sobre as fontes de emissões de Gases Efeito Estufa - GEE. Como resultado dessas investigações tem-se que a pecuária bovina comercial contribui com cerca de 11% das emissões globais causadas pela ação do homem (FAO, 2006). Os gases emitidos por esta atividade são principalmente o metano (CH₄), gerado pela fermentação entérica e pelas fezes do animal, e o óxido nitroso (N₂O), proveniente das fezes. No Brasil, o rebanho de 180 milhões de cabeças elevou esta atividade a ser a segunda principal emissora de GEE, perdendo apenas para o desmatamento. Os sistemas extensivos também predominam no cenário brasileiro. Uma das formas de mitigar os impactos ambientais é a intensificação da produção através da melhora da qualidade do alimento fornecido aos animais. No caso particular das emissões de GEE isto ocorre porque melhora o processo ruminal e diminui o tempo de vida do animal. Este trabalho teve como objetivo: i) avaliar do ponto de vista econômico o confinamento de animais em fase de terminação, a partir de propriedades modais do Centro-Oeste Brasileiro; e ii) apresentar as mudanças nas emissões de GEE – desde a produção do alimento até o animal estar pronto para o abate – decorrentes do confinamento, de acordo com a metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC. Os resultados mostram que o confinamento dos animais na fase de terminação podem reduzir as emissões em 17%, de 41 kg de CO₂ equivalente por quilo de carne produzida (kg CO₂ eq./kg carne) para 33 kg CO₂ eq./kg carne. Ficou claro também a redução promovida pela melhora no manejo do rebanho. Comparando o pior sistema, em termos das emissões (a pasto e com IEP de 21 meses) com o melhor (confinamento, com IEP de 15 meses) pôde-se perceber uma diferença de 33% na quantidade de CO₂ eq/kg carne. Quanto à análise econômica, a intensificação da propriedade, através do confinamento dos animais em fase de terminação, se mostrou inviável para a maioria das propriedades modais apresentadas quando comparado com o sistema a pasto.

Palavras-chaves: Pecuária de corte; Aquecimento global; Redução de emissões; Confinamento

ABSTRACT

Economic and environmental analysis on intensifying beef cattle production in the Brazilian Center-West

The beef cattle industry that generates jobs and income for billions of people around the world has been drawing attention over negative impacts caused to the environment. This is due to the extensive production system adopted in most producing areas, which consumes a large amount of natural resources such as land and water. In recent decades, the growing concern about global warming has stimulated investigations into sources of Greenhouse Gases Emissions – GHG. Results show that cattle production accounts about 11% of global emissions caused by human action (FAO, 2006). Gases emitted by this activity are mainly methane (CH₄), generated from enteric fermentation and feces, and nitrous oxide (N₂O) from feces. In Brazil, the cattle herd comprises 180 million heads and this industry is the second largest in greenhouse gases emissions, only surpassed by deforestation. Extensive systems are also prevalent in the Brazilian scenario. One way to mitigate environmental impacts is to increase production by improving food quality supplied to animals. In the case of GHGs, particularly, this benefit occurs because there is improvement to the ruminal process and reduction of the life span of the animal. This study aimed to: i) assess the economic aspect of confining animals at slaughter phase, originally from modal properties of the Brazilian Center-West, and ii) to show changes in GHG emissions of feedlot system – from food production to animal slaughter phase – according to the methodology of the Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. Results show that confinement of animals at slaughter phase can reduce emissions by 17% from 41 kg of CO₂ equivalent per kg of meat produced (kg CO₂ eq. / kg meat) to 33 kg CO₂ eq. / kg meat. Gas reduction deriving from management improvements of the heard was also observed. Comparing the worst system in terms of emissions (pasture and IEP 21 months) with the most effective (confinement, with IEP 15 months) we reported a 33% difference in the amount of CO₂ eq / kg meat. Regarding the economic analysis, intensifying production through the confinement of animals at slaughter phase, proved to be unfeasible for most modal properties studied when compared with pasture system.

Keywords: Beef cattle; Global warming; Emissions reduction; Feedlot system

1 INTRODUÇÃO

A pecuária é uma das atividades agrícolas mais importantes do mundo, beneficiando cerca de 2,3 bilhões de pessoas em todo o planeta. Esta atividade, no entanto, também gera externalidades negativas, como o uso de uma grande quantidade de recursos naturais e a contribuição para o aquecimento global. Estima-se que a pecuária ocupe cerca de 70% da área agricultável do planeta. A criação animal com fins econômicos também é responsável por cerca de 14% das emissões de Gases Efeito Estufa – GEE gerados pela atividade humana. Dentro das atividades pecuárias, a bovina é a que mais contribui para a degradação do meio ambiente, devido ao grande número de animais e ao baixo grau de intensificação em algumas regiões do planeta (FAO, 2006).

No Brasil a pecuária bovina se caracteriza pelo grande número de animais e pelo sistema extensivo a pasto de produção. O rebanho brasileiro conta com 169,9 milhões de cabeças que ocupam 170 milhões de hectares com pastagens, de acordo com dados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2006). Devido ao seu tamanho e ao baixo investimento na criação de animais a pasto, a pecuária tem impactado negativamente no meio ambiente. Os principais impactos apontados são: destruição de biomas naturais, como o cerrado e a Amazônia; degradação do solo e emissão de GEE.

As emissões atribuídas à pecuária são provenientes dos processos produtivos que envolvem o segmento de insumos (CO_2 e N_2O) e da atividade em si. No que tange a esta última, destacam-se as emissões de: i) metano (CH_4), através da fermentação entérica e das fezes; e ii) óxido nitroso (N_2O), emitido pelas fezes e urina, e no eventual uso de fertilizantes nitrogenados em pastagens. Dentre esses gases citados, o mais importante para a pecuária de corte é o CH_4 . No Brasil cerca de 70% das emissões desse gás vem da pecuária bovina.

De acordo com Smith et al. (2007), McAllister e Newbold (2007) e Austrália (2001), em um primeiro momento, a mitigação desses gases pode ser feita com tecnologias ou técnicas de produção já existentes. Para a pecuária esses autores recomendam principalmente a intensificação da atividade através: da melhora do manejo das pastagens, da melhora na qualidade do alimento fornecido aos animais e da melhora no manejo dos dejetos de animais confinados.

Qualquer mudança na atividade pecuária nacional, no entanto, deve ser muito bem analisada, pois essa é uma atividade de grande importância para muitas famílias também no

Brasil. De acordo com dados do IBGE (1998), em 1995 a atividade gerava benefícios a 3,8 milhões de pessoas, sendo que a maioria delas tinha a pecuária como única atividade de renda.

Nesse sentido, dada a importância da atividade dentro da economia brasileira, se faz necessário que as tecnologias de intensificação da atividade não sejam analisadas apenas pelo lado ambiental, mas também do ponto de vista econômico.

1.1 Objetivo

O objetivo do trabalho é promover uma análise econômica e ambiental de diferentes sistemas de criação de gado de corte, desiguais entre si na intensidade de uso de recursos naturais e financeiros, no Centro Oeste brasileiro.

Pretende-se, neste estudo, dar devida atenção a alguns aspectos que afetam a tomada de decisão do produtor em investir em um ou outro sistema produtivo como o valor presente líquido do investimento e os riscos envolvidos. No que se trata das variáveis ambientais, a análise irá focar na possível diminuição dos impactos ao meio ambiente relacionados às mudanças de emissões de GEE.

Especificamente pretende-se:

- Através abordagem da análise de projetos, avaliar economicamente a adoção do sistema de terminação de bovinos de corte em confinamentos para propriedades modais e de ciclo completo da região Centro-Oeste do Brasil, do ponto de vista do investidor;
- Comparar as diferenças na emissão de gases efeito estufa entre os sistemas considerando as principais etapas do processo de produção animal;

1.2 Apresentação do trabalho

Este trabalho está dividido em 5 capítulos sendo este o primeiro, que trata da introdução ao tema e do objetivo proposto. No segundo capítulo é apresentada uma breve revisão bibliográfica dos principais tópicos relacionados ao tema. A metodologia utilizada para que o objetivo seja atingido é apresentada do capítulo 3. O quarto capítulo aborda os principais resultados e a discussão destes. No capítulo 5 são feitas as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Descrição do problema

A atividade pecuária consome uma grande quantidade de recursos naturais, como água e terra. De acordo com um relatório elaborado pela FAO (2006) as áreas com pastagem ocupam 26% das terras do planeta que não estão sob gelo. Outro problema atribuído à pecuária é a destruição de biomas naturais e a conseqüente redução da biodiversidade. Recentemente, esta atividade também foi apontada como uma das principais fontes antrópicas GEE. Este último fato decorre do grande número de animais existentes no mundo e, de uma característica peculiar dos animais ruminantes, que é a produção de grande quantidade de metano em seu processo de digestão do alimento.

A correção dessas externalidades negativas, no entanto, devem ser estudadas com cuidado, pois a atividade tem um grande papel sócio-econômico. A bovinocultura de corte, por exemplo, está espalhada em todo o território nacional e faz parte da renda de muitas famílias e trabalhadores rurais. Por esse motivo, a adoção de políticas que tentem diminuir os impactos ambientais devem levar em consideração também os possíveis impactos sócio-econômicos.

De acordo com a FAO (2006) a pecuária como um todo emprega cerca de 1,3 bilhões de pessoas em todo o mundo e garante a subsistência de outro bilhão de pessoas. Esta atividade não é a mais importante do mundo, mas contribui com cerca de 40% do PIB da agropecuária mundial. Ainda segundo esta entidade o aumento da renda da população mundial, aliado ao crescimento da globalização, deve melhorar o acesso aos produtos de origem animal, de tal forma que o consumo de carne em todo o mundo deve dobrar até 2050.

Este capítulo aborda as principais características da bovinocultura de corte no Brasil. Primeiro serão apontados aspectos da atividade que a fazem ter grande importância na economia nacional. Em um segundo momento, serão abordados alguns problemas ambientais gerados por esta atividade, dando enfoque às emissões de GEE.

2.1.1 Economia da pecuária

O Brasil é o país com maior rebanho bovino comercial do mundo. Dados preliminares do Censo Agropecuário de 2006, realizado pelo IBGE, mostram que em 2006 o rebanho brasileiro era de 169,9 milhões de cabeças distribuídas em todo o território nacional, para a pecuária de corte e leiteira. Em 1995 a pecuária de corte somava 120 milhões de cabeças, ou 78,5% do rebanho bovino naquele ano e estava presente em quase 1,5 milhões de propriedades. Os dados preliminares do último censo também apontam que atualmente existem 172 milhões de hectares ocupados com pastagens, espalhados em 2,9 milhões de propriedades ou 56% dos estabelecimentos agrícolas (IBGE, 2006).

2.1.1.1 Emprego e renda

Pelo tamanho desta atividade é de se imaginar que ela tenha uma grande importância para a economia brasileira. Em 1995, a pecuária bovina ocupava 21% das pessoas que trabalhavam na agropecuária - 3,8 milhões de pessoas de acordo com o levantamento censitário do IBGE. Destes trabalhadores, cerca de 67% eram membros da família e não recebiam remuneração através de salários, os demais podem ser divididos nas categorias de trabalhadores permanentes, temporários e empregados parceiros.

Considerando as despesas da atividade bovina em 1995, as remunerações pagas às diferentes categorias de trabalhadores somaram R\$ 1,4 bilhões, beneficiando cerca de 1,5 milhões de trabalhadores (IBGE, 1998). Esse valor foi equivalente a 26,6% dos salários pagos na agropecuária, naquele ano.

Como pode ser observado na Tabela 1, no total, de agosto de 1995 a julho de 1996, a bovinocultura teve uma despesa de R\$ 5 bilhões, que serviram de renda para famílias e outras empresas da cadeia. Esse volume foi equivalente a quase 1% do PIB de 1995.

Outro dado importante apresentado pelo Censo Agropecuário de 1995-1996 é a razão entre o número de propriedades cuja principal atividade é a pecuária e que dependem exclusivamente de mão de obra familiar. Nele é possível identificar que apenas 45% das propriedades possuíam despesas com contratação de empregados, ou seja, em 55% das demais a mão-de-obra era exclusivamente familiar.

Tabela 1 – Despesas da agricultura e da pecuária bovina entre 01 de agosto de 1995 e 31 de julho de 1996 – em milhões de R\$

Itens de despesa das atividades agrícolas	Agricultura (A)		Bovinocultura (B)		A/B
Total	R\$	26.880,23	R\$	5.249,89	19,5%
Salários pagos em dinheiro e produtos	R\$	5.439,58	R\$	1.447,42	26,6%
Valor da cota-parte entregues a parceiros	R\$	410,40	R\$	30,16	7,3%
Azubos e corretivos	R\$	2.912,59	R\$	210,17	7,2%
Sementes e mudas	R\$	1.008,33	R\$	128,43	12,7%
Agrotóxicos	R\$	1.435,46	R\$	46,49	3,2%
Sal	R\$	602,43	R\$	426,30	70,8%
Rações industriais	R\$	3.278,60	R\$	483,49	14,7%
Outros alimentos	R\$	536,95	R\$	125,85	23,4%
Impostos e taxas	R\$	706,79	R\$	174,92	24,7%
Combustíveis e lubrificantes	R\$	1.600,85	R\$	373,35	23,3%
Energia elétrica	R\$	670,32	R\$	167,32	25,0%
Outras despesas	R\$	2.103,08	R\$	389,80	18,5%

Fonte: IBGE (1998)

2.1.1.2 Distribuição geográfica

De acordo com o IBGE a extensão territorial do Brasil é de 8,515 milhões de quilômetros quadrados, ou 851,5 milhões de hectares. Deste total, cerca de 20% são destinados ao cultivo de pastagens, naturais e plantadas, para a produção pecuária, ocupando 172,3 milhões de hectares.

O rebanho bovino brasileiro, de acordo com o Censo Agropecuário de 2006, é de 169,9 milhões de cabeças, resultando em uma razão média de um boi por hectare. Apesar desse número ainda ser muito baixo, tem se percebido um grande avanço na pecuária nacional. Na década de 70 essa razão era de meio boi por hectare, ou dois hectares para cada boi (IBGE, 2006).

Outra característica importante da pecuária é a sua presença em todos os estados da federação. A região Centro-Oeste, que desde a década de 80 é a que possui o maior número de cabeças, concentra cerca de 32% do rebanho nacional, com quase 57 milhões de animais (IBGE, 2006). O grande crescimento da atividade, nesta região, ocorreu entre as décadas de 70 e 80 e está atrelado a migração de produtores atrás de terras mais baratas (fronteira agrícola) e ao estudo e desenvolvimento de espécies forrageiras para a região pela Embrapa. Os números expostos na Tabela 2 mostram o aumento do rebanho entre os Censos Agropecuários de 1975 e 1985 em todas as regiões brasileiras. No Centro-Oeste esse aumento foi de 46%.

Tabela 2 – Evolução do rebanho brasileiro nas regiões geográficas

Regiões	1970	1975	1980	1985	1995	2006
CO	17 252 084	24 750 040	33 261 006	36 116 293	50 766 496	53 750 377
S	18 953 024	21 516 021	24 494 853	24 826 784	26 219 533	23 888 591
SE	26 845 044	35 236 666	34 834 792	35 741 878	35 953 897	34 994 252
NE	13 805 921	18 041 417	21 506 108	22 391 193	22 841 728	26 033 105
N	1 706 177	2 129 609	3 989 113	8 965 609	17 276 621	31 233 724

Fonte: IBGE (2006)

A região Norte também tem apresentado um grande aumento no número de animais. Na década de 1970 havia pouco mais de 1,7 milhão de cabeças, em 2006 o rebanho já passa de 30 milhões de animais. Em pouco mais de uma década essa região ultrapassou as regiões Sul (produtora tradicional) e a região Nordeste no tamanho do rebanho.

Esse crescimento da atividade pecuária na região Norte, assim como a de outras culturas como a soja, tem gerado grandes discussões em todo o mundo. Organizações nacionais e internacionais tem chamado a atenção para o desmatamento da Floresta Amazônica, que segundo estes está diretamente relacionado com o crescimento da atividade pecuária no local. A Figura 1 abaixo ilustra o crescimento da área ocupada com pastagens nas regiões geográficas brasileiras das últimas décadas.

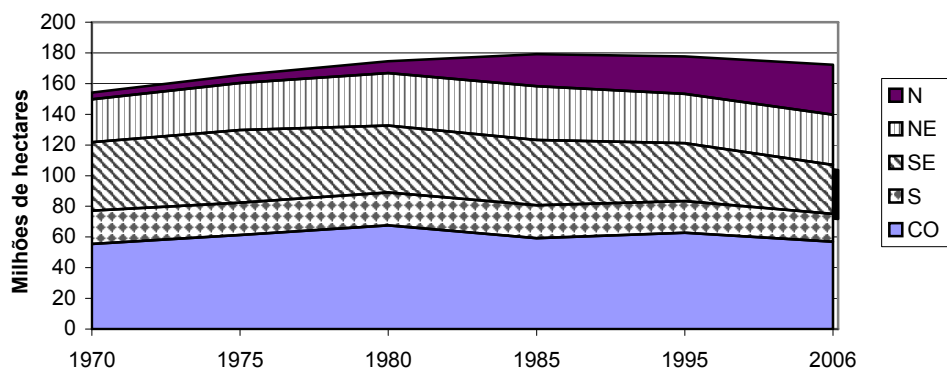


Figura 1 – Evolução da área ocupada com pastagens nas regiões geográficas

Fonte: IBGE (2006)

2.1.2 Sistemas de produção

A grande extensão de terra necessária se deve a uma característica comum de países tropicais, a criação extensiva do gado a pasto. Esse sistema de produção requer pouco investimento e possui baixos custos de operação, se comparado com outros sistemas mais intensivos (FAO, 2006).

Costa, Oliveira e Faquin (2006), definem o sistema extensivo de produção como aquele em que não são identificadas as necessidades do sistema solo-planta para o cultivo da pastagem, explorando-a de forma extrativista, muitas vezes acima da sua capacidade de suporte. Os autores afirmam ainda que nesse sistema, geralmente, a taxa de lotação¹ é inferior a 1 UA² por hectare. Martha Junior e Vilela (2002), apontam que esse sistema ocupa quase todas as propriedades do cerrado brasileiro, e que possuem como características principais: produtividade baixa e retorno desfavorável.

De acordo com Maya (2003), esses sistemas possuem resultados econômicos favoráveis enquanto houver a valorização da terra, mas não conseguem competir em rentabilidade com outras culturas. Por isso essa atividade costuma preceder as culturas perenes em áreas de fronteira agrícola, sendo substituídas em regiões onde existe um alto custo de oportunidade da terra.

Partindo desse conceito de produção extensiva, a intensificação da atividade ocorre quando é tomada alguma estratégia que resulte no “aumento da produtividade pecuária” (MAYA, 2003, p. 1). As ações com o objetivo de aumentar a eficiência da produção de carne podem ser através da melhora da genética e, principalmente, da qualidade e quantidade do alimento. No que se trata da alimentação animal, as formas de manejo mais conhecidas e que visam a intensificação da propriedade são:

- Adoção de um manejo adequado da pastagem;
- Suplementação a pasto;
- Confinamento dos animais.

Apesar da divisão, essas três formas de manejo podem ser adotadas em uma mesma propriedade de forma complementar.

¹ Taxa de lotação é a razão entre o número de animais e a área utilizada por eles, geralmente expressa em UA/ha;

² UA significa unidade animal e representa o peso de um animal adulto de 450kg. Esta unidade é utilizada para padronizar o peso dos diferentes animais já que o peso varia de acordo com as categorias.

A falta do cuidado adequado do cultivo e manutenção das pastagens, citadas acima, acaba por promover a degradação da pastagem³, o que torna a atividade insustentável, tanto do ponto de vista econômico quanto biológico. De acordo com Costa, Oliveira e Faquin (2006, p. 39) “o sistema ideal de pastejo é aquele que permite maximizar a produção animal, sem afetar a persistência das plantas forrageiras”. Ou seja, o objetivo é fornecer uma quantidade de alimento, de boa qualidade, necessária para o crescimento do animal. Por isso é importante um detalhado estudo do sistema solo-planta-animal para que se obtenha um sistema de manejo adequado.

Silva, Nascimento Júnior e Euclides (2008), apontam alguns fatores que interferem no crescimento e na produção de forragem no pasto, são eles: luz, temperatura, água e nutrientes. Desses quatro elementos, o Cerrado brasileiro apresenta relativa deficiência em dois, água e nutrientes.

O cerrado brasileiro possui duas estações bem definidas, o verão, quente e úmido, e o inverno, seco e com temperaturas mais amenas. A falta de chuva no inverno e outros fatores como menor fotoperíodo e temperaturas mais baixas, principalmente à noite, diminuem a produção de forragem (VALLE et al., 2000 apud COSTA et al., 2005). Teodoro (2007), por exemplo, mostra os dados de precipitação do estado de Goiás do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE – que contabilizam valores médios próximos de 250 mm/mês entre os meses de setembro a maio e para os meses de junho, julho e agosto, esse volume cai para perto de zero. De acordo com Costa, Oliveira e Faquin (2006) a quantidade de forragem produzido neste último período é menor que um décimo daquela produzida no período das chuvas.

Outra característica do cerrado é a baixa fertilidade dos tipos de solos presentes na região (MARTHA JUNIOR; VILELA, 2002). Mesmo sendo utilizadas forrageiras adaptadas para essa deficiência de nutrientes, não é possível atingir altas taxas de lotação animal sem o uso de fertilizantes. Esses mesmos autores mostram com dados empíricos de Oliveira et al. (2001) que a correta adubação do solo pode duplicar a produção de matéria seca na pastagem.

Além desses tópicos relacionados ao ambiente existe outro tão ou mais importante, o manejo dos animais. Essa medida evita que os investimentos feitos na adubação do pasto sejam

³ Este termo é melhor detalhado na Seção 2.1.3.

aproveitadas ao máximo evitando tanto o subpastejo quanto o superpastejo⁴. Costa, Oliveira e Faquin (2006) dividem esses sistemas de manejo em 5 tipos, contínuo extensivo, contínuo intensivo, rotacionado extensivo, rotacionado intensivo e irrigado.

O primeiro deles é caracterizado por não haver nenhum tipo de subdivisão de pasto na propriedade, ou seja, os animais têm livre acesso a toda a forragem produzida. No sistema contínuo intensivo, busca-se a maior produção por área e um maior controle do fluxo de animais, no entanto não há a preocupação com o aproveitamento da forragem produzida.

Tabela 3 - Recomendação de adubação nitrogenada para o gênero *Brachiaria*, de acordo com o sistema de pastejo

Sistemas de pastejo	Capacidade de suporte (UA/ha)	Nitrogênio (kg/ha/ano)
Contínuo extensivo	0,5 a 0,8	50
Contínuo intensivo	0,8 a 1,5	100 a 150
Rotacionado extensivo	2,0 a 3,0	200 a 300
Rotacionado intensivo	3,0 a 6,0	300 a 350
Irrigado	6,0 a 7,0	350 a 400

Fonte: Costa, Oliveira e Faquin (2006)

Já nos sistemas de rotação do pasto introduz-se um conceito de otimização do uso da matéria verde produzida. Nesse sistema é feito um monitoramento da altura de forragem, sendo esta a determinante da entrada e da saída dos animais de um determinado piquete. A diferenciação entre os sistemas intensivo e extensivo se dá pelo grau de uso de insumos, principalmente fertilizantes. E o sistema irrigado, é aquele onde além dos itens mencionados acima que visam a maior produção, busca-se também diminuir o efeito da sazonalidade da precipitação.

Outro método utilizado para tentar diminuir o efeito do período de seca em um sistema produtivo é o uso de suplementos alimentares a base de proteína. Produtores adotam a suplementação na tentativa de diminuir as deficiências nutritivas do pasto, principalmente no inverno. Estes produtos são dados diretamente para o animal na tentativa de minimizar a redução

⁴ O subpastejo ocorre quando a produção de forragem é maior que o demandado pelos animais. A situação oposta é conhecida como superpastejo, quando o número de animais é maior do que a capacidade de suporte da pastagem. Ambas as situações podem causar prejuízos ao produtor. Na primeira porque o investimento feito com adubação está sendo pouco aproveitado. No segundo caso, a insistência desse erro pode acarretar em última instância a degradação da pastagem, havendo a necessidade de reforma em poucos anos (MARTHA JÚNIOR; VILELA, 2002).

de peso, que normalmente ocorre neste período de pouca produção de matéria verde pela pastagem.

O confinamento, por sua vez, consiste no fornecimento de alimento com alto teor de energia e proteína. No Brasil, normalmente são utilizados dois tipos de alimento, o volumoso – cana-de-açúcar picada, silagem de milho, feno – e o concentrado, a base de grãos.

2.1.3 Problemas ambientais⁵

A pecuária pode causar uma série de impactos ambientais negativos, tais como: degradação do solo, poluição dos recursos hídricos, emissão de gases de efeito estufa e redução da biodiversidade, com magnitude variável. Todos estes fatores têm uma ligação ao tipo de tecnologia e à forma com que o processo produtivo é conduzido. Assim, o sistema de produção pode minimizar ou maximizar esses efeitos, dependendo do manejo adotado (FAO, 2006).

A maior parte do gado brasileiro é criada em sistema extensivo, onde os animais permanecem soltos no campo, ocupando vastas áreas. Neste sistema, considerado menos produtivo, cada animal, tipicamente, necessita de um hectare de pastagem para sua alimentação.

Essa necessidade de grandes extensões de terra para a criação do gado, quando associada à dimensão do rebanho brasileiro (um dos maiores do mundo) e sua taxa de expansão, projeta-se como uma ameaça aos biomas naturais para a conversão em pastagens.

No caso de haver destruição de ecossistemas naturais para a implementação de pasto, verifica-se destruição dos habitats, extinção de espécies, supressão de fauna nativa (predadores e competidores) e aparecimento de forrageiras invasoras. A remoção da cobertura vegetal original transforma completamente o ambiente, tornando-o impróprio para sustentar a maior parte das espécies que antes ali viviam (FAO, 2006).

A remoção da cobertura vegetal original para formar pastos não apenas compromete a biodiversidade como também afeta o ciclo da água, reduzindo a infiltração e armazenamento, libera gás carbônico para atmosfera contribuindo para a mudança climática, causa erosão no solo,

⁵ Os assuntos apresentados neste subitem fazem parte de um relatório de pesquisa não divulgado, elaborado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA e financiado pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. ZEN, S.de; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; ALMEIDA; M.H.S.P.; RITTL, T.F. **Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE)**. Piracicaba, 2008. Disponível em: <<http://www.CEPEA.ESALQ.usp.br>>. Acesso em: nov. 2008.

compactação do solo impermeabilizando-o, aumentando o volume e velocidade do lixiviamento (FAO, 2006).

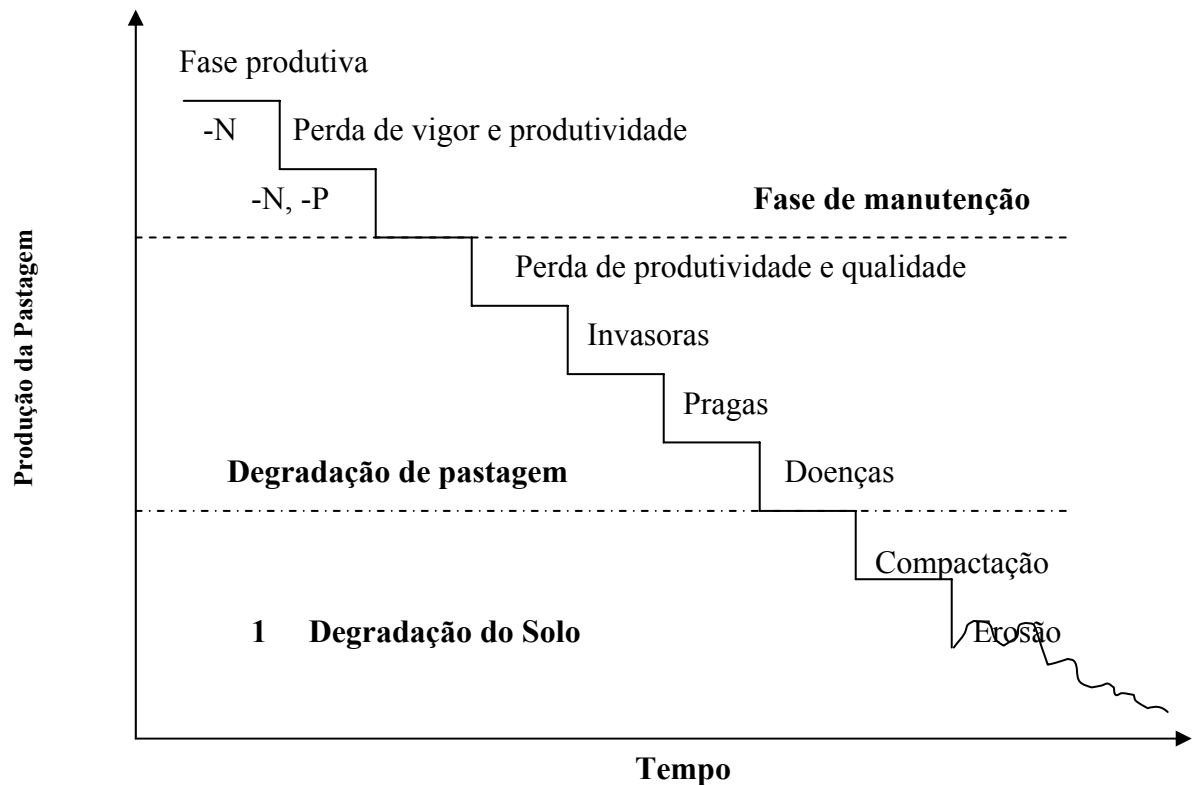


Figura 2 – Processo de degradação de pastagens cultivadas

Fonte: Macedo (2000)

De acordo com a Avaliação Global da Degradação do Solo (OLDEMAN et al., 1991), estima-se que 680 milhões de hectares usados para o confinamento do gado tornaram-se degradados entre 1945 e 1990. Nas zonas úmidas, o gado também é apontado como responsável pelo desmatamento das florestas tropicais.

No Brasil, a degradação de pastagens foi apontada por Vilela, Barcelos e Sousa (2001) como o principal entrave a sustentabilidade da bovinocultura de corte no cerrado. De acordo com estes autores, esta atinge 50% dos 49,5 milhões de hectares estabelecidos com pastagem, causados por motivos diversos como: lotação excessiva, falta de adubação de manutenção e

correção de solo incorreta no plantio. Para Macedo, Kichel e Zimmer (2000) 80% das pastagens do Brasil podem estar degradadas.

Macedo (2000), mostra de forma simplificada como a má condução da pastagem pode levar à sua degradação e a do solo (Figura 2). Este mesmo autor descreve que a reposição das deficiências do solo de nitrogênio (N) e fósforo (P), pode garantir a manutenção da pastagem por vários anos. Caso essa não seja feita, o produtor pode enfrentar problemas de produtividade, deixando a plantação suscetível a doenças, ao ataque de pragas e as plantas invasoras. Nesta fase o autor considera que já existe a chamada degradação da pastagem. A evolução desses problemas pode conduzir à degradação do solo, última etapa do processo e que pode ser identificada através da compactação e da erosão do solo.

Tabela 4 – Adoção de tecnologia em estabelecimentos que possuem a bovinocultura como atividade principal em 1995

	Número de estabelecimentos	% do total
Estabelecimentos	1 058 727	
Conservação do solo		
Total	153 150	14,5%
Cultivo em curvas de nível	112 735	10,6%
Terraceamento	35 472	3,4%
Outro método	22 650	2,1%
Adbos		
Total	319 484	30,2%
Químicos	230 250	21,7%
Orgânicos	186 915	17,7%
Calcário e outros corretivos	89 561	8,5%
Irrigação		
Total	38 019	3,6%
Inundação	12 179	1,2%
Infiltração	9 752	0,9%
Asperção	18 154	1,7%
Assistência Técnica		
Total	246 945	23,3%
Produção Vegetal	71 679	6,8%
Criação e produção animal	228 708	21,6%
Origem Governamental	94 924	9,0%
Própria	84 381	8,0%
Outra origem	70 467	6,7%

Fonte: IBGE (1998)

De fato, dados do Censo Agropecuário de 1995 mostram que poucos são os produtores que investem no cultivo da pastagem. Conforme ilustrado na Tabela 4, no período do levantamento dos dados em apenas 14,5% dos estabelecimentos eram feitos investimentos em práticas de conservação do solo; práticas de adubação, química ou orgânica e correção do solo, foram adotadas em apenas 30% das propriedades.

2.1.4 Emissão de Gases Efeito Estufa

A produção animal contribui com 14% das emissões globais antropogênicas de GEE, sendo que só a pecuária bovina representa 11% do total. Em relação ao total das emissões geradas pela agricultura a pecuária bovina representa 61% e as demais criações animais contribuem com 19% (FAO, 2006).

Tabela 5 – Emissão global de metano originadas na fermentação entérica em 2004

Região/país	Emissões (milhões de t. de CH ₄ por ano por fonte)					Total
	Gado leiteiro	Outro gado	Búfalos	Ovelhas	Suíno	
África Sub-Sahariana	2,30	7,47	0,00	1,82	0,02	11,61
Ásia*	0,84	3,83	2,40	0,88	0,07	8,02
Índia	1,70	3,94	5,25	0,91	0,01	11,82
China	0,49	5,12	1,25	1,51	0,48	8,85
Américas Central e do Sul	3,36	17,09	0,06	0,58	0,08	21,17
Oeste asiático e Norte da África	0,98	1,16	0,24	1,20	0,00	3,58
América do Norte	1,02	3,85	0,00	0,06	0,11	5,05
Oeste Europeu	2,19	2,31	0,01	0,98	0,20	5,70
Oceania e Japão	0,71	1,80	0,00	0,73	0,02	3,26
Leste europeu e CIS	1,99	2,96	0,02	0,59	0,10	5,66
Outros desenvolvidos	0,11	0,62	0,00	0,18	0,00	0,91
Total	15,69	50,16	9,23	9,44	1,11	85,63
Sistema de Produção Animal						
Pasto	4,73	21,89	0,00	2,95	0,00	29,58
Misto	10,96	27,53	9,23	6,50	0,80	55,02
Industrial	0,00	0,73	0,00	0,00	0,30	1,04

Fonte: FAO (2006)

- *Emissões de metano*

Globalmente, os animais ruminantes emitem significativas quantidades de metano na atmosfera proveniente do seu processo digestivo, cerca de 86 milhões de toneladas de metano por ano, representando 80% de toda a emissão de metano pela agricultura e aproximadamente 35-40% do total de emissões antrópicas de metano (FAO, 2006).

A Tabela 5 acima apresenta a contribuição de cada região do globo para emissão de metano.

As variações na quantidade de metano emitidas em cada região são determinadas pelo sistema de produção, tamanho do rebanho e características regionais. Além disso, outros fatores contribuem para estes valores, tais como: quantidade e qualidade da alimentação, peso e idade do animal e a quantidade de exercícios, podendo variar ainda entre as raças e entre os indivíduos da mesma espécie (FAO, 2006; IPCC, 2007).

- *Emissões de Óxido Nitroso*

A agropecuária contribui substancialmente para a emissão de oxido nitroso (N_2O) na atmosfera, o mais potente gás efeito estufa gerado por atividades agrícolas. Esta atividade contribui com aproximadamente dois terços de toda emissão antropogênica desse gás, e 75-80% das emissões do setor agrícola (FAO, 2006).

O nitrogênio chega até o animal através da alimentação, sendo que cada quilograma de matéria seca contém cerca de 10 a 40 gramas de N. Várias estimativas demonstram a baixa assimilação do N pela alimentação. A ineficiência varia consideravelmente entre diferentes espécies de animais. De acordo com a FAO (2006), a eficiência global está em torno de 20% para os porcos, enquanto que para o gado bovino é de apenas 8%.

O nitrogênio não aproveitado pelo animal retorna para o ambiente através de suas excretas. Se bem manejadas, as excretas servem inclusive como fertilizante para o pasto, melhorando a qualidade do mesmo. Em sistemas intensivos, como os de confinamento, este problema é mais evidente, já que a produção de esterco fica concentrada na pequena área de produção destinada aos animais.

2.1.4.1 As emissões de GEE do gado no Brasil

O documento oficial que apresenta o inventário das emissões de Gases de Efeito Estufa do Brasil é a Comunicação Nacional, publicada em 2004. Neste documento são relatadas as emissões para os anos entre 1990 e 1994 (BRASIL, 2007).

Para o cálculo das emissões decorrentes da pecuária o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT considera a fermentação entérica e manejo dos dejetos dos animais. A fermentação entérica dos animais ruminantes é uma das maiores fontes de emissão no país, segundo esse relatório. A intensidade dessas emissões depende de diversos fatores, como o tipo de animal, alimentação, intensidade de atividade física e sistema de produção. Já os sistemas de manejo de dejetos podem causar emissões de tanto de CH₄ quanto de N₂O. Segundo este documento, a fermentação entérica dos ruminantes respondeu por 68% das emissões totais de metano no Brasil em 2004, enquanto que as emissões decorrentes dos dejetos dos animais em pastagens foram responsáveis por 43% das emissões de N₂O naquele mesmo ano.

- Emissões de metano

Segundo o relatório, cerca de 92% das emissões totais de metano do setor agropecuário são decorrentes da fermentação entérica, e o restante resulta do manejo de dejetos dos animais da cultura do arroz irrigado e da queima de resíduos agrícolas.

Tabela 6 – Emissões de CH₄ do setor Agropecuária em 1994

Setor Agropecuária	Emissões em Gg	% nas emissões do setor Agropecuária	% nas emissões totais de metano
Fermentação entérica	9.377	92,3	71,2
Gado bovino	8.962	88,2	68
Gado de leite	1.257	12,4	9,5
Gado de corte	7.705	75,8	58,5
Outros animais	415	4,1	3,2
Manejo de dejetos de animais	368	3,6	2,8
Gado bovino	259	2,5	2
Gado de leite	61	0,6	0,5
Gado de corte	198	1,9	1,5
Aves	61	0,6	0,5
Outros animais	48	0,5	0,4
Cultura de arroz	283	2,8	2,1
Queima de resíduos agrícolas	133	1,3	1
Total	10.161	100	77,1

Fonte: Baseado em Brasil (2004)

Com relação à composição das emissões do setor Agropecuária, a Tabela 6 detalha a participação de cada atividade. Deve-se destacar que as emissões deste setor aumentaram 7% entre os anos 1990-1994, devido, principalmente, ao aumento do rebanho bovino de corte.

Pode se perceber que a atividade de bovinocultura de corte lidera a emissão de CH₄ tanto no que tange à fermentação entérica, quanto no manejo dos dejetos animais. Somando essas duas fontes, são emitidas 7,9 Tg CH₄ ou 165,9 Tg de CO₂ equivalente, que corresponde a 60% do total de emissão desse gás. Se considerarmos ainda o rebanho leiteiro, chega-se a 70% do total, atingindo 194 Tg de CO₂ equivalente.

- *Emissões de Óxido Nitroso*

No Brasil, as emissões de N₂O também são predominantemente advindas do setor Agropecuário, que respondeu por quase 92% das emissões totais deste gás em 1994. Esta participação representa um aumento de 12% das emissões em relação a 1990. Dentro deste setor, a decomposição dos dejetos dos animais em pastagem é a maior responsável pelas emissões (quase 40%), conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Emissões de N₂O do setor Agropecuário em 1994

Sector Agropecuária	Emissões em Gg	% nas emissões do setor Agropecuária	% nas emissões totais de N ₂ O
Manejo de dejetos de animais	20	4	3,6
Gado bovino	13	2,6	2,4
Outros animais	7	1,4	1,3
Solos Agrícolas	476	94,6	86,5
Animais de pastagem	219	43,5	39,8
Fertilizante sintético	21	4,2	3,8
Dejetos de animais	13	2,6	2,4
Fixação biológica	26	5,2	4,7
Resíduos Agrícolas	43	8,5	7,8
Solos Orgânicos	23	4,6	4,2
Emissões Indiretas	132	26,2	24
Queima de resíduos agrícolas	7	1,4	1,3
Total	503	100	91,5

Fonte: Baseado em Brasil (2004)

Um estudo realizado por Ferreira Filho e Rocha (2004) procurou verificar a participação da pecuária nas emissões totais de GEE do Brasil. Tomando como base os números da Comunicação Nacional (BRASIL, 2004), os autores transformam as emissões de diferentes GEE

em CO₂ equivalente, e chegam à conclusão de que o setor de gado de corte é o que mais contribui para as emissões antrópicas, conforme ilustrado na Tabela 8.

Como se pode ver na Tabela 8, as emissões da pecuária de corte foram de 221,67 Tg de CO₂ equivalentes. Nota-se também que apenas 1,35 Tg CO₂ do total originam-se da queima de combustíveis fósseis, como gasolina e óleo combustível. Isso mostra que o grosso das emissões é proveniente da fermentação entérica e do manejo dos dejetos. É importante destacar também que este setor responde por 35,9% das emissões descontando aquelas geradas pela mudança de uso do solo – que é composta basicamente pelas queimadas.

Tabela 8 - Matriz de emissões de CO₂ por setor de atividade da Matriz Insumo Produto – MIP de 1996 (em Tg de CO₂ equivalente)*

SETORES	Extração de Petróleo e Gás	Carvão e outros	Gasolina + Óleo Combustível	Outros Produtos Refino	Atividade	Total	%
Gado de Corte	0.00	0.00	1.35	0.04	220.28	221.67	35.9%
Transporte	0.00	0.00	37.95	2.93	0.00	40.89	6.6%
Siderurgia	0.00	37.96	2.39	0.14	0.00	40.50	6.6%
Outros Agrícolas	0.00	0.00	6.22	0.20	34.04	40.46	6.6%
Gado de Leite	0.00	0.00	0.94	0.03	39.44	40.40	6.6%
Gasoolcool	0.00	0.00	27.22	0.00	0.00	27.22	4.4%
SIUP	0.04	0.66	2.56	0.06	20.63	23.93	3.9%
Outros Animais	0.00	0.00	0.53	0.02	22.96	23.50	3.8%
Soja	0.00	0.00	1.00	0.03	22.06	23.09	3.7%
FabMinNonMet	0.00	0.69	6.32	0.16	13.49	20.66	3.4%
Ind. Química	5.64	0.22	2.41	1.06	7.33	16.65	2.7%
Arroz	0.00	0.00	0.37	0.01	15.83	16.21	2.6%
Cana de Açúcar	0.00	0.00	1.07	0.03	10.82	11.92	1.9%
Silvicultura	0.00	0.00	0.24	0.01	-46.47	-46.23	-7.5%
Outros	30.23	2.67	54.48	12.44	15.96	115.77	18.8%
Total	35.92	42.19	145.02	17.16	376.35	616.64	100.0%

Fonte: Ferreira e Rocha (2004)

*Não considera as emissões provenientes das queimadas.

Barioni et al. (2007) projetou a emissão de metano do rebanho bovino para o ano de 2025. Os autores consideraram como premissa do modelo: (a) que o crescimento da produção brasileira tende a se ajustar com o crescimento da demanda; (b) as demandas interna e externa devem crescer 2% e 1% ao ano, respectivamente; e (c) os índices de produtividade passam por uma melhora linear. Os resultados desse trabalho apontam para uma redução no rebanho na ordem de 4%, enquanto que a quantidade de carne produzida aumenta 25%; a emissão de metano por quilo

de carne produzida deve reduzir 18%, devido aos melhores índices produtivos; e as emissões desse gás na atividade, devem aumentar apenas 3%.

Muitos trabalhos são encontrados na literatura a respeito das formas para redução de emissão dos gases efeito estufa pelos animais. As principais linhas de pesquisa têm se concentrado na diminuição da produção e emissão do metano, por esse ser o gás mais importante. No entanto, não foi encontrado nenhum trabalho que avalia a viabilidade da implantação das estratégias apontadas.

O próximo subitem busca apresentar as principais estratégias apontadas por pesquisadores na tentativa de reduzir emissão de GEE por animais ruminantes.

2.2 Estratégias de mitigação

A secretaria de assuntos relacionados ao efeito estufa da Austrália elaborou um documento que aponta os principais campos de ação na tentativa de reduzir a emissão desses gases. As mudanças atribuídas à população animal são discutidas como uma das alternativas, dentre as quais estão envolvidas a quantidade e o tamanho dos animais (AUSTRÁLIA, 2001).

Na União Européia, por exemplo, em 2004 as emissões provenientes dos sistemas de produção de animais ruminantes foram de 393 Tg CO₂ equivalente, montante cerca de 10% menor que o emitido em 1990 (SCHILS et al., 2007). De acordo com Schils et al. (2007), essa redução não foi fruto de nenhuma política específica de mitigação, mas sim da redução do rebanho bovino e do menor uso de fertilizantes nitrogenados na produção de grãos para a cadeia.

Outra linha de pesquisa que o governo australiano pretende investigar melhor é a biologia ruminal (AUSTRÁLIA, 2001). Além dessas medidas, a indústria daquele país vem trabalhando com a questão da melhora da dieta alimentar animal, através da melhoria das pastagens, do fornecimento de suplementos ou do confinamento.

De forma complementar às mudanças no sistema de produção, têm sido estudadas alternativas que tentam diminuir a produção de metano pelo animal que acontece no rumem. No processo digestivo dos carboidratos ingeridos são gerados ácidos graxos de cadeia curta como os ácidos acético, propiônico e butírico. Através de bactérias metanogênicas ou de protozoários

esses ácidos são transformados em metano. A fermentação através dos protozoários gera grande quantidade de ácido butírico e ácido acético, que por sua vez liberam H_2 no meio. Caso haja uma grande quantidade de H_2 , esse gás pode se transformar em CH_4 através de duas formas. Na primeira delas, os organismos metanogênicos promovem a reação desse gás com o CO_2 , também resultante da fermentação, gerando metano. A outra forma é mais natural, a reação do ácido propiônico com o H_2 pode naturalmente resultar em metano e propionato (BRASIL, 2007).

McCallister e Newbold (2008) apontam três meios para diminuir o processo de metanogênese no rumem animal, i) inibição direta da metanogênese, redirecionando o H^+ para produtos alternativos; ii) diminuição de produção de H^+ ; e, iii) promoção de outros produtos que consomem H^+ .

Esses mesmos autores comentam que diversas pesquisas a respeito da produção ruminal de metano e as alternativas de mitigação do mesmo têm sido desenvolvidas na Europa, na Oceania e na América do Norte. Comentam ainda que na maioria dos diferentes métodos utilizados nos experimentos a redução na produção de metano é significativa por curtos períodos de tempo, pois em poucos dias a ecologia ruminal se estabiliza e o nível de produção volta ao normal.

Outro caminho que vem sendo estudado é o uso de vacinas que pudessem imunizar o gado contra os agentes metanogênicos. Em ovelhas, o uso das vacinas reduziu em até 8% a produção de metano, quando colocada em meio com três agentes metanogênicos. No entanto quando o número de agentes diferentes sobe para sete, nenhuma mudança pôde ser comprovada (WHITE et al., 2005 apud MCCALLISTER; NEWBOLD, 2008). White et al. (2005) afirmam que mesmo que alguma vacina seja encontrada, esta deve ser bem específica para uma determinada situação. Isso deve ocorrer porque dietas e regiões geográficas diferentes podem resultar em diferentes agentes metanogênicos, aumentando o desafio de se trabalhar com imunizadores.

Pelo processo ruminal explicado acima, um dos grandes meios de se reduzir a produção de H^+ seria a diminuição dos protozoários ciliados, que produzem os ácidos acético e butírico. Segundo Withelaw et al., 1984 apud Brasil (2007), a remoção desses microrganismos do rumem do gado pode reduzir pela metade a emissão de metano. O mesmo efeito foi notado em ovelhas, onde a redução é menor, 26% (MCCALLISTER; NEWBOLD, 2008).

Devido a essas incertezas quanto a ações diretas no rumem animal, o ponto de partida para a tentativa de mitigar a emissão de GEE em diversos países tem sido o incentivo a adoção de sistemas mais intensivos de produção. Tal intensificação pode ser feita pela melhoria das pastagens ou pelo confinamento dos animais (MCCALLISTER; NEWBOLD, 2008; AUSTRÁLIA, 2001).

De acordo com FAO (2006), algumas práticas que contribuem para a redução das emissões são: uma pastagem de boa qualidade, caminhadas mais curtas para a busca de água e alimento, redução da queimada de pastagens, intensificação do manejo por meio de adubação ou sistemas agroflorestais, melhorias na alimentação (enquanto o índice de energia perdida em forma de “aroto” é de 6% ou menos para rebanhos bem conduzidos, os animais que comem capim seco de baixa qualidade ou passam fome chegam a perder de 12% a 18%).

2.2.1 Melhoria das pastagens

A criação a pasto tem sido muito criticada no mundo inteiro. E o que tem corroborado para isso é o alto índice de degradação de pastagens que tem sido identificada em todos os países que baseiam sua criação no sistema extensivo.

A perda de energia dos animais em forma de metano é muito influenciada pela qualidade da alimentação, podendo variar de 2%, naquelas de boa qualidade, a 12%, nas de baixa qualidade (DEMARCHI et al., 2003). Isso significa que quanto melhor a alimentação fornecida para o animal, menor será a produção e emissão de metano por quilograma de matéria seca ingerida.

Kurihara et al. (1999) mostraram em seu trabalho que a qualidade do alimento também afeta a quantidade consumida de alimento, sendo que quanto melhor a qualidade maior a ingestão. Dessa forma o cálculo das emissões de GEE pela ingestão de diferentes dietas não é trivial. Estes autores colocaram animais da raça Brahman em três situações diferentes quanto à qualidade da matéria ingerida, cujos principais resultados podem ser vistos na Tabela 9.

Tabela 9 – Emissão de metano, ganho de peso e ingestão para diferentes tipos de dieta

	Qualidade da dieta		
	Baixa (Angleton)	Média (Rhodes)	Alta (grãos)
Ganho de peso (kg/d)	-0,88	0,57	1,3
Ingestão			
Matéria orgânica (kg/d)	3,1	6,3	6,7
Energia bruta (EB) (MJ/d)	59,4	123,9	129,8
Energia digerível (ED) (MJ/d)	18,4	54,9	76,7
Digestibilidade (ED/EB)	0,310	0,443	0,591
Produção de metano			
g/d	113	257	160
g/kg de MO digerível ingerida	75,4	64,6	32,1

Fonte: Kurihara et al (1999)

Pode se perceber que quando o animal se alimenta com matéria orgânica de baixa qualidade a emissão de gases é baixa, porém um animal nessas condições levaria mais tempo para atingir o peso de abate, pois ganharia peso apenas nas estações do ano em que o pasto estivesse bom. Já o animal sobre uma pastagem de qualidade boa, emitiria uma alta taxa de metano por dia, no entanto seu período de engorda seria bem menor. Assim no total da produção seria emitido menos metano por quilograma de carne produzida (BRASIL, 2007).

Nesse sentido, Demarchi et al. (2003) afirmam que se apenas fossem melhorados os sistemas mais comuns de produção do Brasil, de tal forma que os animais não perdessem peso durante o período de seca, seria possível uma redução de 10% emissão de GEE.

2.2.2 Confinamento

Um tipo de intensificação da produção pode ocorrer através do confinamento dos animais. Neste sistema o gado, em fase de terminação, é confinado e alimentado com uma dieta a base de silagem e grãos, com alto teor de proteína. Tal dieta garante que o animal ganhe mais peso em menor tempo.

Devido à maior digestibilidade do alimento, a emissão de metano por dia deve aumentar em relação ao sistema tradicional, porém o aumento de ganho de peso diário confere a esse sistema uma menor emissão por quilo de carne produzida. Por outro lado, as emissões de N₂O devem aumentar consideravelmente, tanto pelo uso de fertilizantes nitrogenados na produção dos grãos, quanto pelo aumento de nitrogênio volátil nas fezes e na urina do animal.

Poucos estudos têm sido feitos no sentido de mensurar a emissão de GEE gerada em todo o ciclo de produção, em diferentes sistemas produtivos. Por exemplo, no caso de um animal confinado, deveriam ser consideradas também as emissões geradas pela produção dos insumos, como os concentrados e volumosos para a alimentação, não deixando de contabilizar o aumento da emissão de N₂O causado pelo fornecimento de alimentação com alto teor de proteína.

Com este objetivo, Subak (1999) promoveu a comparação das emissões entre o sistema americano de produção em confinamento e o sistema pastoril nômade do Sahel (região ao sul do deserto do Saara). Os resultados da autora mostram que se for considerado apenas a emissão de metano o sistema intensivo leva vantagem em relação ao pastoril. No primeiro sistema as emissões eram de 3,6 kg de CO₂ equivalente por quilo de peso vivo adicionado para o primeiro, contra 3,8 kg CO₂ eq./kg peso vivo adicionando para o segundo, se consideradas apenas as emissões de CH₄. Quando contabilizadas todas as fontes de emissões, no entanto, foram contabilizados para o sistema intensivo 14,8 kg CO₂eq. contra 8,1 kg CO₂eq. para o sistema pastoril africano.

Existem outros aspectos também pouco estudados, como a viabilidade econômica desses sistemas mais intensivos, ou ainda, a relação custo-benefício da adoção desses sistemas.

3 METODOLOGIA

Serão utilizados dados de painéis de custo de produção de “propriedades típicas” de pecuária de corte, realizados nos estados da Região Centro-Oeste, coletados pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA. Partindo desta propriedade serão feitas simulações da evolução do rebanho, buscando manter constantes o rebanho e a taxa de lotação da propriedade ao longo do período de avaliação do projeto. Estas simulações mostrarão a evolução do rebanho ao longo do período do tempo avaliado, permitindo a formação do fluxo de caixa da atividade e a mensuração das emissões dos gases que contribuem para o aquecimento global.

Na análise econômica serão utilizadas as ferramentas de análise de projeto como o Valor Presente Líquido – VPL e a Taxa Interna de Retorno – TIR. Nesta também serão feitas considerações sobre os riscos e as incertezas a que o projeto de investimento está sujeito. Quantitativamente, as avaliações ambientais serão limitadas as mudanças nas emissões de GEE e mensuradas de acordo com a metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (2007).

Este capítulo procura definir e esclarecer melhor estes e outros pontos da metodologia empregada neste trabalho.

3.1 Fonte dos dados e premissas

A caracterização dos sistemas produtivos a pasto do Centro-Oeste brasileiro foi feita a partir do levantamento de custo de produção da pecuária de corte do CEPEA realizada nos anos de 2002 e 2003, seguindo o seguinte procedimento:

- Antes de o painel ser realizado foram identificadas as principais mesoregiões de produção, dentro de cada estado.
- A partir daí buscou-se o contato com sindicatos de produtores, federações de agricultura e profissionais locais que pudessem fornecer informações a cerca das características regionais da pecuária. Em um segundo momento, foi feita uma reunião com produtores e técnicos em cada uma das regiões selecionadas. A primeira tarefa dentro desta reunião é a definição de uma propriedade típica, ou seja, um modelo modal, que mais se repete em cada região, sendo os principais itens o tamanho e a quantidade de animais.

- Definida a propriedade, começa a fase de coleta de coeficientes técnicos, e dos custos de produção propriamente ditos.

Este Centro tem mapeado sistemas de produção típicos em varias regiões brasileiras, sendo 26 delas espalhadas pelos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Por esse levantamento foi possível caracterizar a produção animal através dos índices zootécnicos, tais como: taxas de mortalidade (pré e pós-desmama), intervalo entre partos, relação vaca touro, ganho de peso, peso médio dos animais, entre outros. O levantamento permite ainda que sejam identificados itens importantes para uma análise de investimento, como as benfeitorias, máquinas, operações e os principais insumos utilizados na fazenda: vacinas e medicamentos, suplementos alimentares, insumos para reforma e adubação de pastagens.

Para a caracterização dos confinamentos foram utilizados os dados do Censo de Confinamento de 2008 do estado do Mato Grosso promovido pela Associação Nacional dos Confinadores – ASSOCON. A partir dos dados do levantamento foi possível criar um modelo de confinamento adequado à realidade do estado. Os dados analisados referem-se à: i) utilização dos componentes da ração, volumoso e concentrados; ii) construção de benfeitorias (cochos, curral, galpões, silos dentre outros); e iii) mão-de-obra.

3.1.1 Preços de insumos e produtos

Os preços dos insumos variáveis, como medicamentos, suplementos alimentares, fertilizantes, para o ano inicial do projeto, foram obtidos através do levantamento de custo de produção da pecuária feito pelo CEPEA e dos levantamentos via painel.

Para os preços dos itens da ração, farelo de soja e milho, e do boi gordo, foram utilizadas as médias das cotações, entre jan/05 a set/09, a partir de CEPEA⁶ (2009). No caso do milho, para os painéis realizados nas regiões de Jataí, Barra do Garças e Chapadão do Sul, foram considerados os preços de Rio Verde/GO. Já para as propriedades modais de Miranda e Dourados

⁶ CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Séries históricas de preços regionais:** milho, farelo de soja e boi. Piracicaba, 2009.

a referência do preço do milho foi da região de Dourados. Em todos os casos foi adicionado um custo de frete por quilometro de R\$ 12,00/tonelada.

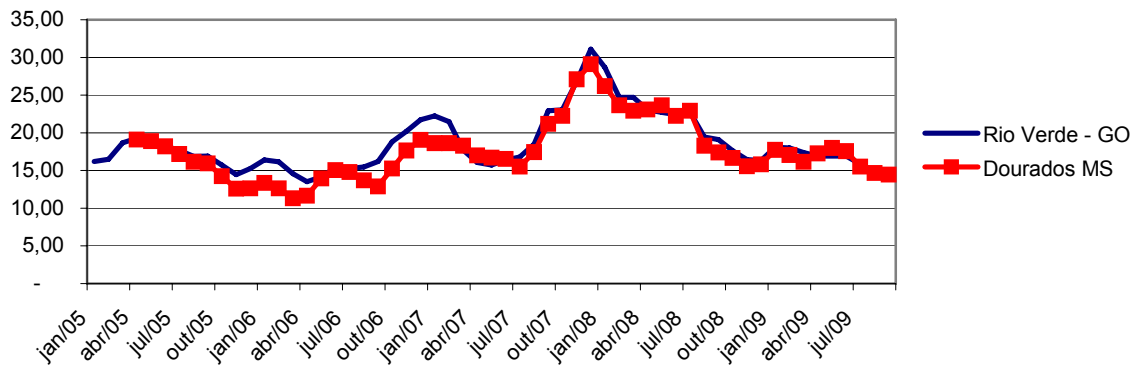


Figura 3 – Média mensal da cotação do milho nas regiões de Rio Verde/GO e Dourados/MS (R\$/saca)

Fonte: CEPEA (2009)

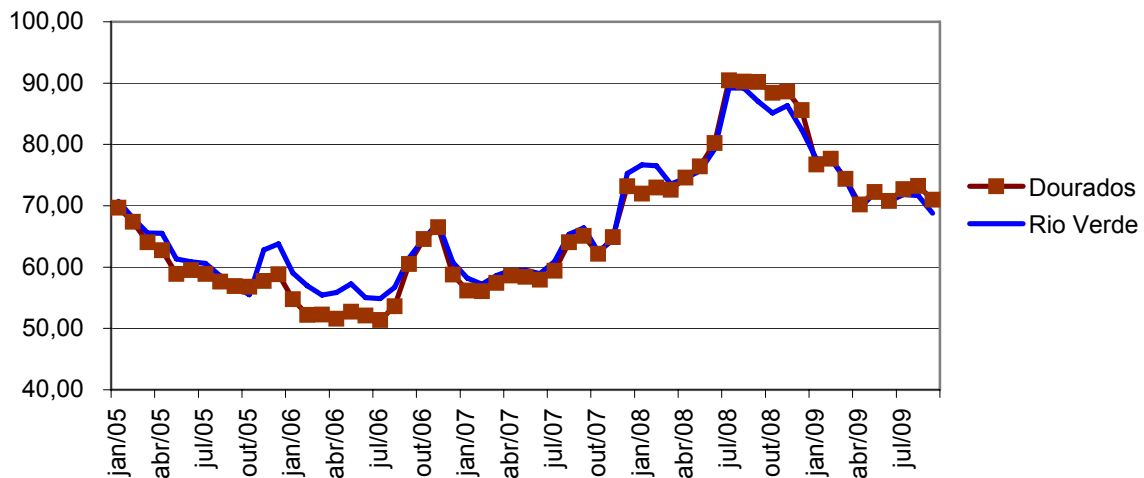


Figura 4 – Cotação mensal do boi gordo nas regiões de Rio Verde e Dourados (R\$/@)

Fonte: CEPEA (2009)

Quanto ao farelo de soja, para todas as regiões estudadas foram utilizados os preços de Rio Verde/GO como referência, adicionando um custo de frete de R\$ 10,80/tonelada por quilometro.

As referências do preço do boi gordo, para as propriedades modais, foram utilizadas as mesmas que para o preço do milho. Rio Verde/GO serviu de referência para os projetos de investimento em Jataí, Barra do Garças e Chapadão do Sul; e Dourados/MS, serviu de referência para os projetos de Miranda e Dourados.

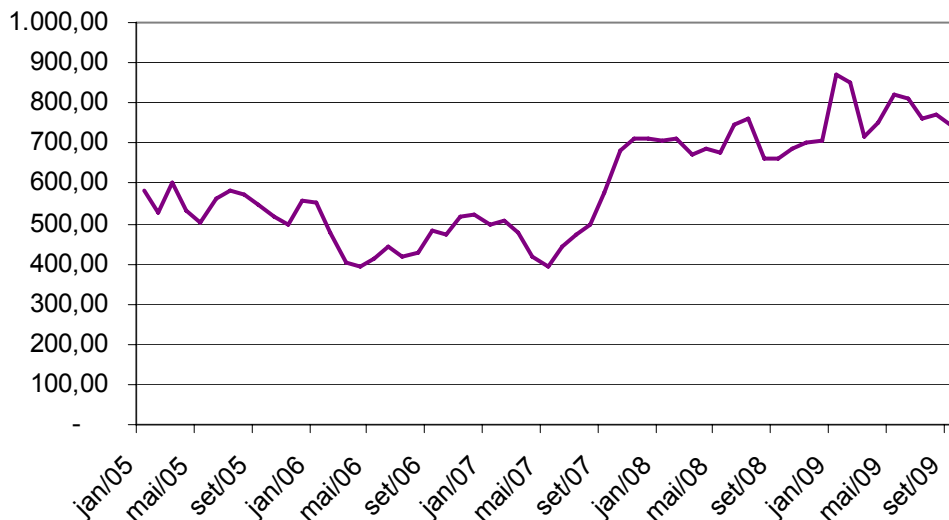


Figura 5 – Cotação mensal do farelo de soja na região de Rio Verde (R\$/t)

Fonte: CEPEA (2009)

Os preços do caroço de algodão e da uréia, outros dois componentes da ração foram cotados junto a casas agropecuárias do Centro-Oeste e a empresas que trabalham com frete. A cotação média do primeiro produto foi de R\$ 300,00 por tonelada e do segundo de R\$ 850,00/tonelada. Esses valores foram utilizados para todos os projetos de investimento.

A despesa com produção do volumoso foi extraída de FNP Consultoria & Comércio (2009). De acordo com esta fonte, o custo de produção de milho para silagem em 2008 foi de R\$ 215,21/tonelada de matéria seca.

3.1.2 Premissas básicas do modelo

Como citado anteriormente, os dados do censo do confinamento do Mato Grosso mostram que a maioria dos produtores utiliza uma ração composta de 60% de volumoso e 40% de concentrados. O volumoso mais utilizado é a silagem de milho, enquanto que os concentrados

mais utilizados são farelo de soja, milho e caroço de algodão. Com base nessas informações foi utilizado o programa *National Research Council – NRC* para o cálculo da participação de cada um desses concentrados na ração.

Considerando que os animais fossem confinados aos 350 kg e abatidos 4 meses depois aos 480 kg, obtem-se um ganho médio de peso de 1,1kg por dia. Para que o animal atingisse esse desempenho seria necessário o fornecimento de 9 kg de ração por dia, com a seguinte composição: 60% de silagem de milho, 24% de milho, 8% de farelo de soja, 8% de caroço de algodão e 1% de uréia – porcentagens expressas com relação à matéria seca (MS).

Um segundo ponto a ser destacado é quanto a diferença de preços do boi gordo para os diferentes sistemas de produção. No processo de análise do comportamento dos preços do boi gordo ao longo do ano, identificou-se que nos meses de outubro, novembro e dezembro, os preços costumam ser 7% maiores que em outras épocas do ano, na média. Isto ocorre devido ao impacto do comportamento das chuvas ao longo do ano na produção de carne. O boi a pasto só encontra alimento apropriado nos meses de chuva abundante que, na maioria das regiões produtoras, concentram-se entre os meses de outubro a março. Por esse motivo o período de maior oferta de animais se dá entre fevereiro e maio, época em que a cotação da arroba do boi gordo é menor. No sistema de confinamento, que a princípio surgiu como forma de eliminar o efeito das chuvas na engorda do boi, os animais estão prontos para o abate entre os meses de setembro e dezembro. Outro objetivo do confinador é aproveitar a melhor época de preços, já que existe uma redução na oferta de boi gordo.

Outro procedimento importante adotado tem relação com a taxa de lotação da propriedade. Com o confinamento do boi aos 350 kg, a taxa de lotação da propriedade tende a diminuir, uma vez que se elimina a fase de boi magro. Contudo no modelo de confinamento, buscou-se a manutenção da taxa de lotação da propriedade original através do arrendamento de terra excedente. Essa alternativa foi adotada com o intuito de manter os índices zootécnicos iguais aos de origem, não abrindo a possibilidade de estas últimas causarem alterações na avaliação de projetos. O valor pago pelo arrendamento considerado foi de 11 sacas de milho.

3.2 Evolução do rebanho

Para cada uma das propriedades foram realizadas duas simulações. A primeira delas considerando que os animais permaneceriam sendo criados somente a pasto, sem alteração no manejo do gado. Na segunda simulação, foi adotada a estação de monta com o objetivo de concentrar o nascimento dos bezerros em uma época do ano. Este procedimento permite que os animais em terminação sejam confinados ao mesmo tempo podendo, inclusive, que seja escolhida a melhor época para gerar e desenvolver o rebanho. No Centro-Oeste é comum os animais serem confinados entre junho e julho, de forma a evitar que eles fiquem no pasto seco devido a estiagem deste período.

O cálculo da evolução do rebanho foi feito com base na rotina desenvolvida por Ichihara (2003)⁷. Na tentativa de avaliar as questões do desmatamento e da pecuária na Amazônia, esse autor construiu uma planilha eletrônica no *Microsoft Excel – 2002* e com recursos do *Visual Basic for Applications*. Esta planilha, quando alimentada com dados de produção – como, por exemplo, os dados levantados nos painéis – podem gerar facilmente a evolução do rebanho. Como resultado tem-se mês a mês a quantidade de animais por categoria (bezerro, bezerra, garrote, novilha, vaca, boi), quantidade de nascimentos e número de animais vendidos.

3.3 Avaliação de projetos

Nas avaliações de projetos mais comuns são investigados apenas os custos e benefícios gerados para o investidor, ou seja, a viabilidade do projeto para o investidor. Contudo, os efeitos positivos ou negativos das externalidades quase nunca são observados pelo tomador de decisões, a não ser que esta afete o próprio empreendimento (CONTADOR, 1997; MISHAN, 1975).

Nos últimos anos, no entanto, com o crescimento do conceito de sustentabilidade, instituições financiadoras têm requerido informações sobre impactos sociais e ambientais regionais dos projetos de investimento.

⁷ ICHIHARA, S.M. **Desmatamento e recuperação de pastagens na região amazônica**: uma abordagem através das análises de projetos. 2003. 124 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. A rotina de programação pode ser encontrada no referido documento nas páginas 60 a 66.

De acordo com Contador (1997), os projetos se enquadram em quatro tipos de classificação, gerando benefícios (+) ou custos (-) sociais ou privados, conforme ilustrado no quadro abaixo.

		Ponto de vista social	
		+	-
Ponto de vista privado	+	I	II
	-	III	IV

Quadro 1 – Classificação de projetos

Fonte: Contador (1997)

Na situação I, na qual existe benefício tanto para a sociedade quanto para o setor privado, não há a necessidade da interferência do governo, pois “os próprios empresários tem interesse de investir no projeto”.

Os projetos do tipo II, os quais geram resultados positivos para o empresário, mas negativo para a sociedade como um todo, tem como exemplo industrias que geram algum tipo de poluição; e apesar de produzirem externalidades negativas, estes podem se demonstrar viáveis através da avaliação social, caso a sociedade esteja disposta a aceitar um pouco de poluição, por exemplo (CONTADOR, 1997). Também neste caso, o empresário investe sem necessidade de apoio, cabendo ao governo ações como controle do nível de poluição ou até a criação de tributos e taxas, como uma forma de compensação.

Já no caso III, no qual não é esperado nenhum benefício para o investidor, mas existem ganhos para a sociedade como um todo, o empresário não investe a não ser que o governo o incentive de alguma forma, fornecendo subsídios a sua implantação. Os incentivos mais comuns costumam ser a isenção de impostos ou a cessão de financiamento com taxas de juros subsidiadas.

E na situação VI onde não há beneficiados, os projetos não são implementados pelas forças de mercado, nem tão pouco incentivados pelo governo (CONTADOR, 1997).

Com base no que foi exposto, para este projeto foram utilizados os métodos comuns de avaliação de projetos de investimento como o Valor Presente Líquido – VPL e a Taxa Interna de Retorno – TIR, descritos abaixo.

Os impactos ambientais, tanto do sistema exclusivo a pasto como no sistema de confinamento, foram medidos através das emissões de Gases Efeito Estufa – GEE de acordo com a metodologia do IPCC e descritas no subitem 3.3.

A emissão desses gases pode ser considerada como um desserviço ambiental. Ou seja, a emissão de gases efeito estufa é considerado um mal para a sociedade e a possibilidade de diminuição dessas emissões passa a ser um benefício. Devido ao agravamento do quadro do aquecimento global e da necessidade de redução da quantidade de poluentes na atmosfera, foi criado um mercado onde são comercializadas as Reduções Certificadas de Emissões – RCE's. Na junção da avaliação econômica com a ambiental, as reduções das emissões serão consideradas como RCE's e seu valor de mercado será adicionado ao VPL do projeto.

3.3.1 Fluxo de caixa

Noronha (1981, p.124) define fluxo de caixa como: *“valores [...] que refletem as entradas e saídas dos recursos e produtos por unidade de tempo que formam uma proposta de investimento”*.

De acordo com Laponi (2007) o fluxo de caixa de um projeto é composto por três fluxos de caixa: i) fluxo do investimento; ii) fluxo do capital de giro; e iii) fluxo de caixa operacional. No primeiro deles, devem ser considerados os desembolsos feitos com os investimentos iniciais do projeto, na compra de máquinas e equipamentos e na construção de benfeitorias, e as receitas provenientes das vendas desses bens no final do projeto (valor residual). Já no segundo é considerado o desembolso com capital de giro, sendo que este deve ser totalmente recuperado até o final do projeto. Por ultimo, o fluxo de caixa operacional é obtido através da receita, dos custos e do imposto sobre o lucro.

Como as propriedades a serem avaliadas já estão em funcionamento, o fluxo de caixa a ser avaliado é o Fluxo de Caixa Incremental – FCI, ou seja, tudo o que for adicional à implantação no novo projeto (LAPPONI, 2007). Neste caso, serão considerados apenas os investimentos necessários à implantação do confinamento, bem como as receitas e despesas adicionais.

Operacionalmente, para o cálculo do FCI das receitas e despesas, foram feitas simulações da evolução do rebanho para as duas situações, animais engordados a pasto e no confinamento. A partir daí foi calculado o fluxo de caixa para cada um dos modelos. O FCI foi obtido a partir da subtração do FC do sistema com confinamento do FC do sistema exclusivo a pasto.

3.3.2 Valor Presente Líquido

De acordo com Ross (2002) o VPL pode ser construído a partir do investimento inicial, dos fluxos de caixa do projeto e de uma taxa de desconto. Segundo Noronha (1981) Os fluxos de caixa são os orçamentos anuais de um projeto ao longo de seu período de duração, ou seja, consiste nas entradas e saídas de capital financeiro do projeto de investimento.

Subtraindo o investimento inicial do valor presente dos fluxos de caixa, que é o fluxo de caixa descontado a uma certa taxa de juros, obtém-se o valor presente líquido. Comumente, para expressar o valor presente líquido algebricamente é utilizada a equação (1), conforme Buarque (1991):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1+i)^t} - I \quad (1)$$

Onde,

VPL – valor presente líquido;

R_t – receita no período t ;

C_t – Custo no período t ;

$(R_t - C_t)$ – Fluxo de caixa líquido no período;

i – taxa de juros;

t – tempo em anos;

I – investimento inicial.

Muitos autores consideram o VPL como o melhor método de análise de um projeto de investimento. Por esse método a viabilidade de um projeto se dá quando o resultado é positivo, portanto este deve ser aceito pela empresa. E quando o resultado for negativo deve-se rejeitá-lo.

3.3.3 Taxa Interna de Retorno

Outro método de avaliação bastante utilizado é a TIR, pois tenta resumir o projeto em um único número, como explica Ross (2002). Ela representa o valor da taxa de juros que torna o valor presente líquido do projeto igual a zero, como define Noronha (1987), ou seja, o projeto se tornará atraente para qualquer valor da taxa de juros abaixo da TIR. Ela pode ser expressa pela seguinte fórmula:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{R_t - C_t}{(1 + tir)^t} - I \quad (2)$$

Onde,

R_t – receita no período t ;

C_t – Custo no período t ;

$(R_t - C_t)$ – receita líquida no período

tir – taxa interna de retorno;

t – tempo em anos;

I – investimento inicial.

Até aqui vimos como julgar o projeto segundo seu fluxo de caixa. No entanto, as previsões de receitas e custos estão sujeitas a incertezas. Na tentativa de corrigir, ou antecipar, essa possível instabilidade do mercado será feita uma análise da sensibilidade do projeto. Para tal, primeiramente, serão identificadas quais são as variáveis capazes de afetar o fluxo de caixa do projeto sujeitas a incertezas, o passo seguinte será avaliar qual o resultado do VPL para cada alteração nessas variáveis identificadas.

3.3.4 Risco e incertezas

O cálculo dos índices econômicos apresentados acima é realizado com valores que representam os custos e as receitas esperadas para uma determinada época no futuro. Não há

como garantir, no entanto, que o preço de insumos e dos produtos sejam os mesmos que aqueles utilizados para fazer a avaliação. Dessa forma, os resultados carregam um certo grau de incerteza e que podem causar, em última instância, um risco de prejuízo para o investidor (LAPPONI, 2007; NORONHA, 1987).

Na tentativa de avaliar o efeito de tais incertezas no projeto foram realizadas (i) análises de sensibilidade e (ii) simulações de Monte Carlo. De acordo com Laponi (2007), a análise de sensibilidade consiste na simulação do resultado do projeto a partir de alterações nos valores de venda e produtos e de compra dos insumos. Para Noronha (1981), essa análise tem suas vantagens, pois pode chamar a atenção do avaliador para algumas variáveis que exijam um estudo mais aprofundado. No entanto, para este autor, esta “não é suficiente como técnica de avaliação de risco em projetos de investimento” (NORONHA, 1981 p. 239), pois considera a variação de apenas um item por vez e não considera a probabilidade de que os eventos ocorram.

A simulação de Monte Carlo é um método que permite o uso de mais de uma variável e é construído a partir da distribuição de probabilidades das variáveis de um projeto. De acordo com Noronha (1981), as etapas para a execução desta técnica são:

- (i) identificar dentro do fluxo de caixa de um projeto, as variáveis relevantes e as respectivas distribuições de probabilidade;
- (ii) gerar valores aleatórios para cada uma dessas variáveis de acordo com a distribuição de probabilidade apresentada;
- (iii) obtenção do resultado do projeto a partir do cálculo do indicador escolhido (VPL ou TIR) para cada valor aleatório gerado no item anterior;
- (iv) repetir o procedimento tantas vezes quanto necessário para a obtenção de uma distribuição de probabilidade do indicador utilizado para julgar o projeto.

Ichihara (2003), comenta que este método é bastante difundido por ter uma rotina de fácil operacionalização. O autor destaca, contudo, dois problemas no uso deste método. O primeiro deles é quanto a distribuição de probabilidade. A determinação desta é de fundamental importância para os resultados do projeto, porém, em muitas vezes é difícil de ser identificada. Na tentativa de corrigir este problema, muitos utilizam a distribuição normal como *proxy*, baseando-se no teorema dos grandes números.

O outro ponto levantado pelo autor é que muitas vezes o comportamento das variáveis não é independente, ou seja, pode existir correlação entre elas. Na tentativa de minimizar esse problema, os valores aleatórios foram gerados para o fluxo de caixa (FC), que é uma combinação linear das variáveis aleatórias, custos e receitas (R e C) – com distribuição normal $\sim N(\mu, \sigma)$.

De acordo com Lapponi (2007) o valor esperado para o FC pode ser obtido através da esperança das variáveis aleatórias. Considerando a receita e o custo como:

$$\begin{aligned} R &= a_1 \cdot X_1 \\ C &= a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 \end{aligned} \quad (3)$$

Onde:

R = receitas;

C = custos;

a_i = constantes associadas a quantidade;

X_i = variáveis aleatórias associadas ao preço.

O fluxo de caixa (FC), poderia ser representado por:

$$FC = R - C \quad (4)$$

ou

$$FC = a_1 \cdot X_1 - a_2 \cdot X_2 - a_3 \cdot X_3$$

A esperança do FC seria, portanto:

$$[FC] = a_1 \cdot [X_1] - a_2 \cdot [X_2] - a_3 \cdot [X_3] \quad (5)$$

E a variância do FC é obtida a partir das variâncias das variáveis aleatórias e das covariâncias entre as mesmas.

$$\begin{aligned} \sigma_{FC}^2 &= a_1^2 \cdot \sigma_1^2 - a_2^2 \cdot \sigma_2^2 + a_3^2 \cdot \sigma_3^2 + 2 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot r_{12} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 + \\ &+ 2 \cdot a_1 \cdot a_3 \cdot r_{13} \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_3 + 2 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot r_{23} \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3 \end{aligned} \quad (6)$$

Onde :

σ_i = variância da variável i ;

r_{ij} = correlação entre as variáveis i e j .

Através deste procedimento obtemos os parâmetros de distribuição do fluxo de caixa de média igual a $E[FC]$ e desvio padrão igual a σ_{FC} .

3.4 Cálculo das emissões de GEE

As variáveis ambientais mensuradas neste trabalho concentram-se na emissão dos gases efeito estufa resultante da atividade. De acordo com IPCC (2006) e Schils (2007) os gases a serem investigados são provenientes de emissões diretas e indiretas. As diretas consistem nos gases:

- i) metano (CH_4), produzido a partir da fermentação entérica e das fezes dos animais e calculado com fatores de emissões (*emission factors*);
- ii) óxido nitroso (N_2O), emitidos a partir das fezes e da urina e calculado de acordo com o sistema de tratamento dos dejetos;
- iii) e gás carbono (CO_2), calculado a partir do uso de combustíveis fósseis dentro da propriedade.

Para as emissões indiretas são considerados os gases N_2O e CO_2 . Nesse caso os cálculos são feitos com base nas emissões geradas pela aplicação e produção de insumos, como os fertilizantes e alimentação. Ambas foram calculadas a partir do método “Tier 2” apresentado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC do inglês Intergovernmental Panel of Climate Change – IPCC (2007)⁸.

⁸ Capítulos 10 e 11 de IPCC (2007).

3.4.1 Fermentação entérica

A metodologia do IPCC (2007) permite o cálculo do fator de emissão de CH₄ causada pela fermentação entérica por duas formas. A primeira delas é através da estimação da matéria seca ingerida – Dry Mater Intake – DMI, que tenta mensurar a quantidade de alimento ingerida pelo animal. A outra, utilizada neste trabalho, baseia-se na estimação da energia bruta – Gross Energy – GE ingerida pelo animal. Como, muitas vezes, a aferição do consumo de alimento dos animais na pastagem é difícil, essas quantidades são estimadas a partir de coeficientes que calculam a energia gasta pelos animais para: manutenção (NEm), atividade (NEa), crescimento (NEg), lactação (NEl), trabalho (NEw) e gravidez (NEp). A seguir seguem a descrição das equações utilizadas para o cálculo do fator de emissão de metano, iniciando pelo cálculo da energia bruta ilustrado na equação (7).

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NEm + NEa + NEl + NEw + NEp}{REM} \right) + \left(\frac{NEg}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right] \quad (7)$$

Onde:

GE = Energia bruta ingerida;

NEm = energia requerida pelo animal para a sua manutenção (MJ.dia⁻¹);

NEg = energia necessária para o crescimento (MJ.dia⁻¹);

NEa = energia para a atividade do animal (MJ.dia⁻¹);

NEl = energia necessária para a produção de leite (MJ.dia⁻¹);

NEw = energia para trabalho (MJ.dia⁻¹);

NEp = energia requerida para prenhez (MJ.dia⁻¹);

REM = razão entre a energia disponível na dieta para a manutenção e a energia digerível consumida.

REG = razão entre a energia disponível na dieta para o crescimento e a energia digerível consumida.

DE% = digestibilidade do alimento.

As razões REM e REG podem ser encontradas através das equações estimadas por Gibbs e Johnson (1993)⁹ citado por IPCC (2007), cuja única variável explicativa é a digestibilidade do alimento (DE%).

$$REM = 1,123 - \left(\frac{4,092 \cdot DE\%}{10^3} \right) + \left(\frac{1,126 \cdot DE\%^2}{10^5} \right) + \left(\frac{25,4}{DE\%} \right) \quad (8)$$

$$REG = 1,164 - \left(\frac{5,160 \cdot DE\%}{10^3} \right) + \left(\frac{1,308 \cdot DE\%^2}{10^5} \right) + \left(\frac{37,4}{DE\%} \right) \quad (9)$$

A próxima equação foi utilizada para o cálculo da energia requeridas para a manutenção do animal, que de acordo com Jurgen, 1988¹⁰ apud IPCC (2007) é a energia necessária para manter o animal, sem ganho ou perda de peso.

$$NEm = Cf_i \cdot (\text{peso})^{0,75} \quad (10)$$

Onde:

Cf_i = coeficiente que varia para cada categoria i (bezerro, bezerra, novilha, novilho, boi magro, vaca, boi gordo e touro);

Peso = peso vivo médio dos animais dentro da categoria i (kg).

Os valores para o coeficiente Cf_i retirados do IPCC (2007), são originalmente dos trabalhos do *National Research Council – NRC* (1996) e do *Agricultural and Food Research Council – AFRC* (1993). Paulino et al. (1999), no entanto, mostraram que a energia requerida para manutenção em animais zebuínos é 21,85% menor que a apresentada por essas fontes. Como a

⁹ GIBBS, M.J.; JOHNSON, D.E. Livestock emissions. In: INTERNATIONAL METHANE EMISSION. Washington, DC: US Environmental Protection Agency, Climate Change Division, 1993. 14 p.

¹⁰ JURGEN, M.H. **Animal feeding and nutrition**. 6th ed. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing Company, 1988. 372 p.

maior parte do rebanho brasileiro é composta por raças zebuínas, ainda mais no Centro-Oeste (região para a qual foi aplicada a análise), foram considerados os números do IPCC (2007) com um desconto de 21,85%.

Para o cálculo da energia requerida para a atividade do animal foi utilizada a equação (11) a seguir:

$$NEa = Ca \bullet NEm \quad (11)$$

Onde:

Ca = coeficiente que retrata a situação que o animal enfrenta para adquirir alimento.

Os números de referência do coeficiente Ca podem ser encontrados em IPCC (2007). Segundo este documento os valores sugeridos são: 0, para animais confinados; 0,17 para animais em pasto onde se gasta pouca energia para adquirir o alimento; e 0,36 para animais em grandes áreas de pastagens. Em conversas com pesquisadores do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, definiu-se que, para o Brasil, deve se usar um coeficiente intermediário entre o animal em pastagens extensivas e naquelas que se tem fácil acesso ao alimento. Dessa forma, para os animais em pastagens foram utilizados os coeficientes 0,25, quando não da intensificação da pastagem, e 0,17, quando houver intensificação da mesma.

No cálculo da energia necessária para o crescimento dos animais são necessários dados de ganho de peso médio diário (WG), média de peso dos animais dentro de uma categoria (BW) e do peso vivo de um animal adulto em boas condições de carcaça (MG), conforme apresentado na equação (12). Esses valores foram retirados junto aos painéis de custo de produção levantados pelo CEPEA (2003).

$$NEg = 22,02 \bullet \left(\frac{BW}{C \bullet MW} \right)^{0,75} \bullet WG^{1,097} \quad (12)$$

Onde:

BW = média do peso vivo dos animais dentro da categoria i (kg);

C = coeficiente (1 para animais castrados; 1,2 para touros e 0,8 para fêmeas);

MG = peso vivo de um animal adulto em boas condições de carcaça (kg);

WG = ganho de peso médio diário (kg.dia⁻¹).

A equação (13) a seguir apresenta o cálculo utilizado para estimar a energia necessária para a produção de leite das vacas lactantes (NEI).

$$NEI = leite \bullet (1,47 + 0,40 \bullet fat) \quad (13)$$

Onde:

leite = quantidade de leite produzida (kg.dia⁻¹);

fat = gordura contida no leite (% do peso).

Para a variável leite foi utilizado um valor de 3,5 litros por dia, ou o equivalente 1,6kg. E para o teor de gordura foi utilizado 3,5%.

A próxima equação é referente à estimação da necessidade de energia para o trabalho (NEw). Nos painéis realizados pelo CEPEA não foram identificados animais de trabalho, portanto o valor de NEw é igual a zero.

$$NEw = 0,10 \bullet NEm \bullet horas \quad (14)$$

Onde:

Horas = número de horas de trabalho por dia.

E, finalmente, a energia de requerida para a prenhez das vacas (NEp) foi calculada a partir da equação (15) abaixo.

$$NEp = Cp \bullet NEm \quad (15)$$

Onde:

C_p = coeficiente de prenhez – igual a 0,10 para vacas (IPCC, 2007).

Substituindo os resultados das equações (8), (9), (10), (11), (12) e (13) na equação (7) tem-se a energia bruta requerida pelo animal (GE). O passo seguinte é calcular o fator de emissão (EF) para cada categoria do rebanho. A equação (16) a seguir mostra como foi feito o cálculo do fator de emissão.

$$EF = \left[\frac{GE \cdot \left(\frac{Y_m}{100} \right) \cdot 365}{55,65} \right] \quad (16)$$

Onde:

EF = fator de emissão por cabeça ($\text{kg CH}_4 \cdot \text{cabeça}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$);

Y_m = fator de conversão de metano (% da GE no alimento convertida em CH_4);

O fator 55,65 (MJ/kg CH_4) é a energia contida no metano.

O fator de conversão de metano (Y_m) utilizado nesta equação foi retirado de Brasil (2007). Este documento aponta um valor de 7,74% com desvio padrão de 2,6%.

Calculados os fatores de emissão para cada categoria o passo seguinte é multiplicar o resultado pelo número de dias do animal dentro de cada categoria ao longo de um ano e, em seguida, multiplicar pela quantidade de animais em cada categoria.

No que tange as emissões de metano, estas também são feitas pelo manejo dos dejetos. As equações abaixo mostram como foram feitas essas estimativas.

3.4.2 Emissão de metano pelo tratamento dos dejetos

O fator de emissão de metano do dejetos animal também será estimado pelo método Tier 2 do IPCC (2007). A equação (17) que estima esse fator baseia-se na quantidade de sólidos voláteis (VS) presentes no esterco, na capacidade máxima de emissão de metano do dejetos (Bo), e em um

fator de conversão de metano (MCF) específico para cada sistema de tratamento, que reflete o quanto de Bo pode ser atingido.

No Brasil predominam os animais em pastagens, portanto é mais comum que os dejetos sejam depositados diretamente no solo. A mesma situação pode ser usada para os confinamentos. De acordo com o Censo de Confinamento a maioria das propriedades com confinamento também dispõe os dejetos nas pastagens (ASSOCON, 2008). Por isso o fator de conversão MCF utilizado foi o mesmo nas duas situações.

$$EF = (VS \bullet 365) \bullet \left(Bo \bullet 0,67 \bullet \sum_{S,k} \frac{MCF_{S,k}}{100} \right) \quad (17)$$

Onde:

EF = Fator de emissão anual de CH₄ (kg CH₄ .dia⁻¹);

VS = sólidos voláteis excretados (kg matéria seca . animal⁻¹.dia⁻¹);

Bo = capacidade máxima de produção de metano, (m³ CH₄/kg VS excretado);

0,67 = fator de conversão de m³ de CH₄ para kg CH₄;

MCF_(S,k) = fator de conversão de metano para cada sistema de manejo S por clima regional k (%).

Para as variáveis Bo e MCF foram utilizados os valores de *default* do IPCC, por não terem sido encontrados na literatura valores específicos para o Brasil.

O sólido volátil (VS) contido no dejetos do animal pode ser estimado através da equação (18) abaixo. Esta variável é uma fração do alimento ingerido pelo animal e que não foi consumido no processo digestivo.

$$VS = \left[GE \bullet \left(1 - \frac{DE\%}{100} \right) + (UE \bullet GE) \right] \bullet \left(\frac{1 - ASH}{18,45} \right) \quad (18)$$

Onde:

(UE*GE) = energia relacionada a urina expressa como uma fração de GE (%) – igual a 0,04GE para gado;

ASH = conteúdo de cinzas no dejetos calculado como uma fração da matéria seca ingerida (%) – igual a 0,08 para gado;
 18,45 = fator de conversão de energia bruta por quilo de matéria seca (MJ kg^{-1}).

3.4.3 Emissões de Oxido Nitroso (N_2O)

Os cálculos das emissões de N_2O podem variar de acordo com o sistema de produção investigado. As equações para as emissões desse gás por animais em pastagens e da produção dos grãos, utilizados para a alimentação no confinamento, estão descritas nos capítulos 10 e 11 do guia do IPCC (2007). O primeiro trata das emissões geradas pelo manejo dos dejetos, enquanto que o segundo cuida das emissões a partir do manejo do solo.

Apesar desta divisão, ambos os capítulos documentam que as emissões de N_2O podem ser de dois tipos, diretas e indiretas. As diretas são originadas da nitrificação e desnitrificação do nitrogênio aplicado ou depositado no solo. Já as indiretas podem ocorrer de duas formas: por meio da volatilização de amônia (NH_3) e óxidos de nitrogênio (NO_x) originados dos solos manejados e da queima de combustíveis fósseis; e também pela percolação e do lixiviamento do N em solos manejados.

3.4.3.1 Emissões diretas

Nitrificação e desnitrificação são dois processos naturais, aeróbicos e anaeróbicos, que acontecem no solo originando o N_2O . A adição de nitrogênio ou a mudança de uso do solo causadas pela atividade humana, no entanto, aumentam a produção desse gás. O N pode ser adicionado no solo por diversas formas, dentre elas: aplicação de fertilizantes nitrogenados sintéticos; aplicação de fertilizantes orgânicos; depósito de urina e fezes animais; através do N contido em resíduos de culturas; mineralização do N associado com a perda de matéria orgânica resultante da mudança de uso ou do manejo de solos minerais; e manejo de solos orgânicos. De forma simplificada a emissão direta pode ser representada pela equação (19).

$$N_2O_d - N = N_2O - N_{inputs} + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP} \quad (19)$$

As variáveis N_2O-N_{inputs} , N_2O-N_{OS} e N_2O-N_{PRP} por sua vez podem ser obtidas através das equações 20, 21 e 22, respectivamente:

$$N_2O - N_{inputs} = (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \bullet EF_1 \quad (20)$$

$$N_2O - N_{OS} = F_{OS,CG,Trop} \bullet EF_{2CG,Trop} \quad (21)$$

$$N_2O - N_{PRP} = F_{PRP,CPP} \bullet EF_{3PRP,CPP} \quad (22)$$

Onde:

N_2O_d-N = emissão anual direta de N_2O-N produzida por solos manejados ($kg N_2O-N$ ano⁻¹);

$N_2O-N_{N\ inputs}$ = emissão anual direta de N_2O-N a partir do N inserido no solo manejado ($kg N_2O-N$ ano⁻¹);

N_2O-N_{OS} = emissão anual direta de N_2O-N a partir de solo orgânico manejado ($kg N_2O-N$ ano⁻¹);

N_2O-N_{PRP} = emissão anual direta de N_2O-N a partir da deposição de urina e fezes no pasto ($kg N_2O-N$ ano⁻¹);

F_{SN} = quantidade anual de fertilizante sintético aplicado no solo ($kg N$ ano⁻¹);

F_{ON} = quantidade anual N adicionado através de dejetos animal, composto e outros resíduos orgânicos aplicados no solo ($kg N$ ano⁻¹);

F_{CR} = quantidade anual de N contido nos resíduos do cultivo de grãos e de volumosos para a alimentação animal e proveniente da renovação de pastagens, que retornam ao solo ($kg N$ ano⁻¹);

F_{SOM} = quantidade anual de N mineralizado, em solos minerais, resultante da perda de C da matéria orgânica do solo pela mudança de uso do solo ou de seu manejo ($kg N$ ano⁻¹);

F_{PRP} = quantidade anual de N contida na urina e nas fezes depositadas por animais a pasto ($kg N$ ano⁻¹) – Nota: CPP refere-se a gado, frango e suíno;

EF_1 = fator de emissões para as emissões de N_2O a partir da entrada de N [$kg N_2O-N$ ($kg N$ input)⁻¹];

$EF_{2CG,Trop}$ = fator de emissões para as emissões de N_2O provenientes de solos orgânicos manejados ou drenados ($kg N_2O-N ha^{-1} yr^{-1}$);

EF_{3PRP} = fator de emissões para as emissões de N_2O provenientes do N contido na urina e nas fezes depositadas no pasto por animais [$kg\ N_2O-N\ (kg\ N\ input)^{-1}$];

A metodologia do IPCC (2007) faz referencia às emissões provenientes dos solos orgânicos em regiões de clima tropical na equação (21) apresentada. Devido às características do solo da região estudada esta fórmula não foi considerada para o cálculo das emissões diretas de N.

O cálculo das emissões de nitrogênio pelas fezes e urina foi feito utilizando-se da equação (22), tanto para os animais a pasto quanto para os animais em confinamento. Esse procedimento foi possível por dois fatores: i) de acordo com o Censo de Confinamentos todo o dejetos é jogado nas pastagens (ASSOCON, 2008); e ii) os fatores de emissão no caso apresentado em i) é igual ao dos animais em pastagens (IPCC, 2007).

A variável F_{PRP} que representa a quantidade de N depositada no solo na forma de urina e de fezes animais na pastagem, pode ser obtida pela equação (23) a seguir.

$$F_{PRP} = \sum_T (N_T \bullet Nex_T \bullet MS_{T,PRP}) \quad (23)$$

Onde:

N_T = número de animais na categoria T (cabeças)

Nex_T = quantidade de nitrogênio excretada por animal da categoria T ($kg\ N\ animal^{-1}\ ano^{-1}$);

$MS_{T,PRP}$ = fração do N total excretado anualmente para cada categoria que é depositado no pasto – igual a 100%.

Por sua vez o Nex , nitrogênio excretado na urina e nas fezes, pode ser calculado pela diferença entre o N ingerido (N_i) e o N retido (N_r):

$$Nex = Ni_T \bullet (1 - Nr_T) \quad , \text{ para T igual às categorias.} \quad (24)$$

De acordo com o método “Tier 2” do IPCC (2007), o Ni pode ser estimado através da energia bruta ingerida (GE) e da porcentagem de proteína crua na dieta (CP%), como ilustrado na equação (25). Para os animais em pastagem foi considerado um teor de proteína médio entre 3,3% e 4,4%, de acordo com Brasil (2007). Para o alimento dos animais confinados o teor de proteína bruta foi calculado a partir da ração composta por 59% de silagem de milho, 24% de milho, 8% de farelo de soja 8% de caroço de algodão e 1% de uréia. Neste caso a proteína bruta na dieta é de 15,5%.

$$Ni_T = \frac{GE}{18,45} \cdot \left(\frac{CP}{6,25} \right) \quad (25)$$

Já para o cálculo do Nr foram necessários os dados de ganho de peso de cada categoria dentro do sistema de produção, extraído dos painéis realizados pelo CEPEA (2003) e da produção de leite e da proteína contida no leite das vacas (equação 26).

$$Nr_T = \left[\frac{\text{leite} \cdot \text{prleite}}{6,38} \right] + \left(\frac{268 \cdot WG - 7,03 \cdot NE_g}{\frac{100}{6,25}} \right) \quad (26)$$

Onde:

prleite = porcentagem de proteína no leite (%);

6,38 = conversão da proteína no leite em N no leite (kg proteína (kg N)⁻¹);

268 e 7,03 = constantes extraídas de NRC (1996) apud IPCC (2007);

6,25 = conversão de kg de proteína na dieta em kg de N na dieta (kg proteína/kg N).

Para estimar a quantidade anual do N contido nos resíduos do cultivo de grãos e de volumosos para a alimentação animal e proveniente da renovação de pastagens, que retornam ao solo (F_{CR}), utilizou-se a equação (27) abaixo.

$$F_{CR} = \sum_T \left\{ P_{(T)} \cdot \left(Area_{(T)} - Areaq_{(T)} \cdot C_f \right) \cdot Frac_{Renov(T)} \cdot \left[R_{AG(T)} \cdot \right. \right. \\ \left. \left. \cdot N_{AG(T)} \cdot \left(1 - Frac_{Ret(T)} \right) + R_{BG(T)} \cdot N_{BG(T)} \right] \right\} \quad (27)$$

Onde:

$P_{(T)}$ = produtividade do produto T por ano/safra (kg matéria seca ha⁻¹);

$Área_{(T)}$ = área total anual cultivada com o produto T (ha ano⁻¹);

$Áreaq_{(T)}$ = área de anual do produto T queimada (ha ano⁻¹);

C_f = fator de combustão (adimensional) [refere-se à Tabela 10.2 de IPCC (2007)]

$Frac_{Renov(T)}$ = fração da área total do produto T que é renovada anualmente;

$R_{AG(T)}$ = razão dos resíduos que ficam acima do solo ($AG_{DM(T)}$) e a produção por safra para o produto T (kg de matéria seca (kg matéria seca)⁻¹);

$N_{AG(T)}$ = N contido no resíduo acima do solo para o produto T (kg N (kg matéria seca)⁻¹);

$Frac_{Ret(T)}$ = fração do resíduo do produto T acima do solo removido para uso como alimento, “cama” ou construção (kg N (kg P-N));

$R_{BG(T)}$ = razão dos resíduos que ficam abaixo do solo e a produção por safra para o produto T (kg de matéria seca (kg matéria seca)⁻¹);

$N_{BG(T)}$ = N contido no resíduo abaixo do solo para o produto T (kg N (kg matéria seca)⁻¹);

T = tipo de grão ou forragem.

Por fim, a emissão de nitrogênio originada da mineralização do N pode ser expressa pela equação (28). Como se pode ver, esta emissão está ligada à perda de carbono na matéria orgânica do solo devido ao revolvimento do mesmo, seja pela mudança de seu uso ou pelo manejo.

$$F_{SOM} = \sum_{LU} \left[\left(\Delta C_{Mineral,LU} \cdot \frac{1}{R} \right) \cdot 1000 \right] \quad (28)$$

Onde:

$\Delta C_{\text{Mineral,LU}}$ = perda média anual de carbono do solo para cada tipo de uso do solo (LU) (toneladas de C);

R = razão C:N da matéria orgânica do solo.

O próximo subitem detalha os cálculos utilizados para a composição das emissões indiretas.

3.4.3.2 Emissões indiretas

As emissões indiretas podem ocorrer de duas formas. A primeira delas é através da deposição, no solo e na superfície de lagos, do N volatilizado, em forma de NH₃ e óxidos de nitrogênio (NO_x) – equação (29). A outra diz respeito à percolação ou lixiviação do N no solo – equação (30).

$$N_2O_{ADT} - N = [(F_{SN} \cdot Frac_{GASF}) + (F_{ON} + F_{PRP}) \cdot Frac_{GASM}] \cdot EF_4 \quad (29)$$

Onde:

Frac_{GASF} = fração do N contido no fertilizante sintético que volatiliza como NH₃ e NO_x;

Frac_{GASM} = fração do N contido no fertilizante orgânico aplicado no solo, da urina e das fezes depositados pelos animais, que volatiliza em forma de NH₃ e NO_x;

EF₄ = fator de emissão para as emissões de N₂O provenientes da deposição atmosférica de N nos solos e na superfície da água (kg N-N₂O (kg NH₃-N + NO_x-N)⁻¹) volatilizado.

$$N_2O_{(L)} - N = (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot Frac_{LEACH-(H)} \cdot EF_5 \quad (30)$$

Frac_{LEACH-(H)} = fração de todo o N adicionado/mineralizado nos solos perdido com a percolação e da lixiviação, em regiões onde ocorrem percolação ou lixiviação;

EF₅ = fator de emissão para as emissões de N₂O provenientes de percolação e lixiviação (kg N₂O-N (kg N percolação e lixiviação)⁻¹).

Note que as emissões de N apresentadas necessitam ser convertidas em emissões de N₂O. Para isso foi utilizada a equação (31) abaixo.

$$N_2O = N_2O - N \bullet 44 / 28 \quad (31)$$

3.4.4 Emissões de Dióxido de Carbono (CO₂)

As emissões de dióxido de carbono diretamente da atividade pecuária podem ocorrer por duas formas, por meio da calagem e da aplicação de uréia.

A calagem é uma operação recomendada para solos do cerrado. Este procedimento visa reduzir a acidez do solo corrigindo deficiências com relação ao cálcio e ao magnésio (SOUSA et al., 2001). No entanto, a aplicação deste corretivo acaba gerando emissões de CO₂, principal gás envolvido no processo de aquecimento global. O cálculo das emissões de CO₂ provenientes desta fonte foi feito utilizando a equação (32) abaixo.

$$CO_2 = (M_{Dolomítico} \bullet EF_{Dolomítico}) \bullet 44 / 12 \quad (33)$$

Onde:

CO₂ = emissões anuais de CO₂ (t CO₂);

M_{Dolomítico} = quantidade anual de calcário dolomítico (CaMg(CO₃)₂) utilizado no solo (toneladas.ano⁻¹);

EF_{Dolomítico} = fator de emissão (toneladas C (toneladas de calcário dolomítico)⁻¹);

44/12 = conversão de CO₂-C para CO₂

Outra prática bastante utilizada no cerrado é a aplicação de uréia no solo, como fonte de nitrogênio. A adição deste no solo, no entanto, acaba liberando uma boa parte do CO₂ adicionado à sua fórmula ao longo do processo de produção. Sua emissão é calculada nesta fase, pois o seqüestro desse mesmo carbono é contabilizado para a indústria produtiva (IPCC, 2007).

$$CO_2 = M \bullet EF \bullet 44 / 12 \quad (34)$$

Onde:

M = quantidade anual de uréia aplicado no solo como fertilizante (t);

EF = fator de emissão (toneladas C (toneladas de uréia)⁻¹).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Característica da pecuária de corte no Centro-Oeste brasileiro

Dentre as 26 propriedades típicas do Centro-Oeste, sete representam o ciclo completo de produção, 8 representam o sistema de cria, 6 o de cria e recria, 1 o de recria e 4 o sistema produtivo de recria e engorda. Devido à necessidade do conhecimento de todo o ciclo de produção, tanto pela parte econômica quanto pela contabilização da emissão dos GEE, a simulação feita neste trabalho considerou apenas os dados de 5 propriedades com ciclo completo.

Para a seleção dos painéis outra restrição foi adotada: a questão do desmatamento. Uma característica comum em duas regiões avaliadas é a formação de pastagens a partir do desmatamento da floresta Amazônica. Portanto, de forma a simplificar os cálculos de emissão de gases efeito estufa, considerando apenas as emissões provenientes dos animais e dos insumos, essas duas propriedades modais também foram descartadas.

Tabela 10 – Índices de produção dos sistemas de ciclo completo levantados através de painéis realizados no Centro-Oeste

Índices de produção	Taxa de lotação (UA/ha)	Intervalo entre partos (meses)	Crias/vaca	Idade total da vaca (anos)	Taxa de natalidade - multiparas
Jataí/GO	0,91	18	5,7	11,6	67%
Barra do Garças/MT	1,22	21	3,4	8,9	57%
Chapadão do Sul/MS	1,45	18	3,1	7,7	67%
Dourados/MS	0,75	18	2,9	7,4	67%
Miranda/MS	0,75	15	6,9	11,6	80%

Índices de produção	Taxa de natalidade - matrizes	Taxa de desfrute	Vacas solteiras/ total vacas	Taxa mortalidade pré-desmama	Taxa mortalidade pós-desmama
Jataí/GO	59%	22%	33%	2,5%	0,5%
Barra do Garças/MT	47%	20%	43%	1,9%	1,0%
Chapadão do Sul/MS	56%	23%	33%	5,3%	2,0%
Dourados/MS	54%	22%	33%	4,0%	2,0%
Miranda/MS	69%	21%	20%	8,1%	3,0%

Fonte: CEPEA¹¹, dados não divulgados.

¹¹ CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Levantamento de custo de produção da pecuária de corte**. Piracicaba, 2009.

Os dados zootécnicos levantados junto aos produtores e técnicos de cada região estão apresentados na Tabela 10 acima. Nela é possível ver que a taxa de lotação da maioria das propriedades é abaixo de 1 UA/há, sendo que as menores delas foram identificadas em Dourados e Miranda, 0,75 UA/ha. Por outro lado, a maior taxa de lotação foi encontrada a região de Chapadão do Sul, com 1,45 UA/ha, quase o dobro

A taxa de mortalidade é outro índice que apresenta grande diferença entre as propriedades analisadas. Em Miranda, foram observados os maiores valores para esse índice. Nesta região foi relatados dados mostram que 8,1% dos animais no período anterior a desmama morrem, e para os animais desmamados a taxa de mortalidade é de 3%. As menores taxas relatadas foram de 1,9% em Barra do Garças, no caso da mortalidade pré-desmama, e 0,5% em Jataí para a pós-desmama. Tais valores mostram que existem diferenças no sistema de gestão e acompanhamento da produção entre regiões distintas, implicando em taxas de animais terminados por matriz desiguais.

Outro fator importante, quando se discute a eficiência produtiva é o intervalo entre partos (IEP), que é o tempo médio decorrido entre duas crias de uma propriedade. Na prática esse índice é utilizado como sinônimo da taxa de natalidade. O valor ideal para esse coeficiente é igual a 12 – considerando os nove meses de gestação mais três meses até a vaca entrar no cio novamente. Caso esse valor seja atingido é o mesmo que dizer que a taxa de natalidade da propriedade foi de 100% , ter-se-ia, portanto, um bezerro por vaca adulta. Pode-se perceber, contudo que a região onde esse índice mais se aproxima do ideal é Miranda, com o IEP igual a 15. Para essa propriedade então, tem-se uma taxa de natalidade de 80% - considerando todas as vacas (múltiparas). Já para a propriedade típica da região de Barra do Garças o IEP foi de 21, o maior encontrado na amostra. Neste caso a taxa de natalidade cai para 57 bezerros nascidos para cada 100 vacas. Nas demais o coeficiente observado foi 18 meses, com a taxa de natalidade de 67%.

Como será detalhado mais adiante, estes dois últimos índices apresentados (IEP e taxa de mortalidade) têm grande influência na emissão de GEE, principalmente no que tange o CH₄. Isso ocorre, pois quanto maior o IEP mais vacas são necessárias para o nascimento de um mesmo número de bezerros. Como exemplo utilizaremos os dados das propriedades modais de Barra do Garças e Miranda. Para a primeira tem-se 412 bezerros nascidos (machos e fêmeas) para 604 vacas (paridas e falhada/solteira/seca); enquanto que para a segunda são necessárias 598 vacas para o nascimento de 442 bezerros, conforme dados apresentados na Tabela 11.

Situação semelhante pode ser observada quanto as diferentes taxas de mortalidade. Usando essas mesmas regiões como exemplo, pode ser visto na Tabela 11 que o número de animais terminados por ano em Barra do Garças é de 200, quase 1% inferior ao da região de Miranda, 202 animais. Neste caso, percebe-se claramente que a “vantagem” inicialmente obtida em Miranda, devido ao menor IEP, é perdida quase que por completa por causa da maior taxa de mortalidade dos animais.

Tabela 11 – Área de pasto, composição do rebanho e ganho de peso médio das propriedades típicas

	Jataí	Barra do Garças	Chapadão do Sul	Dourados	Miranda
Área de pasto (ha)	480	1000	700	900	1400
Bezerro	81	206	190	126	221
Garrote	81	204	186	123	214
Boi Magro	80	202	182	121	208
Boi Gordo	80	200	179	119	202
Reprodutor	7	27	24	16	20
Bezerras	81	206	190	126	221
Novilhas 12 a 24 meses	30	151	123	123	214
Novilhas 24 a 36 meses.	30	150	100	87	80
Vaca parida (multiparas)	167	424	408	267	492
Vaca falhada /solteira/seca	55	180	133	87	96
GPM Bezerro (g/dia)	587	615	553	594	594
GPM garrote (g/dia)	328	393	590	515	515
GPM Boi Magro (g/dia)	328	410	328	328	328
GPM Boi Gordo (g/dia)	246	328	246	246	246
GPM Bezerra (g/dia)	292	504	439	541	541
GPM Novilha I (g/dia)	273	205	205	123	123
GPM Novilha II (g/dia)	164	137	164	109	109

Fonte: CEPEA¹², dados não divulgados.

As informações coletadas com relação ao manejo, podem ajudar a explicar, de uma forma geral, os baixos índices de produtividade apresentados. No que tange ao manejo da pastagem, foi identificado entre os painéis estudados que os pecuaristas reformam entre 8% a 20% do pasto por ano. Nos painéis realizados nas regiões de Miranda e Chapadão do Sul, não foram relatados usos de qualquer tipo de adubação junto com a semeadura. Dentre os três demais, foram identificados o uso de calcário e super simples em Jataí e em Barra do Garças, nas dosagens de 2 t/ha e 250

¹²CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Levantamento de custo de produção da pecuária de corte.** Piracicaba, 2009.

kg/ha, respectivamente. E no painel realizado na região de Dourados foi relatado apenas o uso de calcário, também na dosagem de 2 t/ha.

Ainda no que tange ao manejo da pastagem em todas as regiões identificou-se o uso da roçada como forma de manutenção.

Além do pasto, os animais costumam receber suplementos alimentares com alto teor de proteína. Esta é uma prática comum que visa suprir a carência protéica da alimentação e a minimização da perda de peso dos animais na época da seca. Produtores e técnicos de todas as regiões afirmaram usar sal mineral proteinado – 85 g. A quantidade média de todas as propriedades ficou em torno de 13,5kg/animal/ano, ou cerca de 80 gramas por UA/ano.

4.2 Emissão de Gases Efeito Estufa

As emissões de gases calculadas pela metodologia do IPCC estão apresentadas nas Tabelas 12 e 13. A primeira detalha as emissões para as propriedades modais nas condições atuais de produção. Já a segunda ilustra as emissões se adotado o sistema de confinamento dos animais em terminação.

Como pode ser visto na Tabela 12, os índices zootécnicos da propriedade típica da região de Barra do Garças, somados ao tamanho do rebanho, conduzem à maior emissão bruta vista entre todas as regiões pesquisadas, em torno de 3,67 mil toneladas de CO₂ equivalente. Para os mesmos dados também foram encontrados os maiores índices de emissões por quantidade de carne produzida, 44,7 quilogramas de CO₂ equivalente por quilograma de carne produzida (kg CO₂ eq./kg carne). Esse fato se deve principalmente pelo que foi discutido na seção anterior, ou seja, à alta taxa de IEP (21). Outro fator que coloca a propriedade modal de Barra do Garças nesta posição é a elevada quantidade de combustível consumida para a atividade. De acordo com os entrevistados, o consumo anual de combustível chega a 12.600 litros de diesel, resultando na emissão de 50,5 t CO₂ eq., ou 0,61 kg CO₂ eq./kg de carne.

Por analogia, considerando ainda a questão do IEP, os resultados apontam que a menor emissão relativa se dá na região de Miranda, 36,85 kg CO₂/kg carne. Devido à quantidade de animais, no entanto, as emissões totais da propriedade atingiram quase 3,1 mil t CO₂ eq.

Os índices apresentados nas demais propriedades típicas indicaram fatores medianos. Em Dourados os resultados apontam a emissão de 42,5 kg CO₂ eq./kg de carne. Para os coeficientes

apontados na região de Jataí, a emissão relativa de GEE foi de 40,0 kg CO₂ eq./kg de carne; já aqueles indicados para a região de Chapadão do Sul indicam que são emitidos 40,7 kg de CO₂ para cada kg de carne produzida.

Estes números mostram que a contribuição da pecuária no total das emissões brasileiras de GEE pode reduzir se forem tomadas medidas que promovam a melhora nos índices produtivos, não sendo necessária a mudança drástica no manejo, como o regime alimentar dos animais, por exemplo. Os resultados mostram que a diferença entre a menor emissão relativa, vista em Miranda, e a maior, vista em Barra do Garças, é de 17%.

A Tabela 12 mostra também que o metano é que possui maior contribuição para o aquecimento global, entre 88,4 e 89,6% do total. A emissão deste gás é entre 1,52 e 1,27 kg de CH₄/kg de carne. De acordo com CEPEA (2008), quando divididas as emissões de CH₄ do rebanho bovino brasileiro de 2004, fornecida pelo inventário nacional, pela quantidade de carne produzida naquele mesmo ano chega-se a um número de 1,3 kg CH₄/kg de carne. O N₂O é responsável por cerca de 10% das emissões totais de GEE da pecuária bovina de corte, enquanto que a queima de combustíveis fósseis liberou entre 0,4% e 1,4% do total de CO₂ eq.

Com o confinamento dos animais em terminação as emissões reduziram entre 9% e 21%, considerando os valores absolutos, e entre 13% e 21%, quando levados em conta os valores relativos.

Como se pode ver na Tabela 13, para a região de Miranda, por exemplo, são produzidas 2,78 mil toneladas de CO₂ eq., entre os gases CH₄, N₂O e CO₂. Nesse caso a redução apontada foi de 11%, sendo esta causada pela menor emissão de CH₄ e N₂O.

A menor produção de CH₄ pode ser explicada pelo menor tempo de vida do macho, pois ao invés do garrote passar para a categoria de boi magro, e esperar em torno de um ano para ser finalizado, o animal vai diretamente para o confinamento, sendo abatido em 4 meses. Com isso, ao invés do boi ser abatido com 36 meses, ele está pronto para abate em 22-26 meses. No caso da propriedade modal de Miranda, o menor tempo do para o abate do macho resultou na produção de 11% menos do gás CH₄, passando de 110 t para 97,7 toneladas de CH₄. Na média das propriedades modais, a redução foi de 12,9%.

Tabela 12 – Resultado dos cálculos das emissões de gases efeito estufa e produção anual média de carne em cada uma das propriedades típicas, para o sistema exclusivo a pasto

Emissões de GEE por fontes	Barra do Garças		Jataí		Miranda		Chapadão do Sul		Dourados	
	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida
CH4 (kg CH4)										
Fermentação entérica	124.759,71	1,52	41.613,19	1,36	105.844,66	1,27	102.964,15	1,40	71.475,21	1,47
Esterco	5.077,94	0,06	1.693,73	0,06	4.308,06	0,05	4.190,82	0,06	2.802,41	0,06
Total	129.837,65	1,58	43.306,92	1,42	110.152,72	1,32	107.154,97	1,46	74.277,62	1,52
N2O (kg N2O)										
Dejeto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solos manejados	1.265,20	0,02	420,74	0,01	1.046,69	0,01	1.028,45	0,01	691,00	0,01
Total	1.265,20	0,02	420,74	0,01	1.046,69	0,01	1.028,45	0,01	691,00	0,01
CO2 (kg CO2)										
Combustível	50.526,00	0,61	14.436,00	0,47	15.238,00	0,18	11.629,00	0,16	9.824,50	0,20
Adubação	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	50.526,00	0,61	14.436,00	0,47	15.238,00	0,18	11.629,00	0,16	9.824,50	0,20
Total CH4 (kg CO2 eq.)	3.245.941	39,50	1.082.673	35,43	2.753.818	32,94	2.678.874	36,46	1.856.940	38,08
Total N2O (kg CO2 eq.)	377.031	4,59	125.379	4,10	311.915	3,73	306.477	4,17	205.917	4,22
Total CO2 (kg CO2 eq.)	50.526,00	0,61	14.436,00	0,47	15.238,00	0,18	11.629,00	0,16	9.824,50	0,20
Emissões totais (kg CO2 eq.)	3.673.498	44,70	1.222.488	40,00	3.080.971	36,85	2.996.980	40,79	2.072.682	42,50
Carne produzida (kg)	82.184		30.560		83.613		73.477		48.767	

Fonte: Resultados do trabalho.

Tabela 13 - Resultado dos cálculos das emissões de gases efeito estufa e produção anual média de carne em cada uma das propriedades típicas, para o sistema de confinamento

Emissões de GEE por fontes	Barra do Garça		Jataí		Miranda		Chapadão do Sul		Dourados	
	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida	Emissões Totais (kg)	Kg de gás/ kg de carne produzida
CH4 (kg CH4)										
Fermentação entérica	113.077,75	1,34	36.252,42	1,08	93.864,13	1,01	89.731,10	1,12	61.910,47	1,15
Esterco	4.602,05	0,05	1.475,37	0,04	3.820,01	0,04	3.651,84	0,05	2.519,61	0,05
Total	117.679,80	1,40	37.727,79	1,12	97.684,13	1,05	93.382,94	1,17	64.430,08	1,20
N2O (kg N2O)										
Dejeto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solos manejados	1.201,98	0,01	388,12	0,01	981,96	0,01	943,94	0,01	653,56	0,01
Total	1.201,98	0,01	388,12	0,01	981,96	0,01	943,94	0,01	653,56	0,01
CO2 (kg CO2)										
Combustível	57.685,85	0,69	20.577,54	0,61	22.463,01	0,24	18.034,64	0,23	14.072,45	0,26
Adubação	21.038,75	0,25	8.502,18	0,10	21.230,22	0,23	18.822,57	0,24	12.482,34	0,23
Total	78.724,60	0,94	29.079,71	0,87	43.693,23	0,47	36.857,21	0,46	26.554,79	0,49
Total CH4 (kg CO2 eq.)	2.941.995	34,97	943.195	28,08	2.442.103	26,35	2.334.573	29,25	1.610.752	30,02
Total N2O (kg CO2 eq.)	358.191	4,26	115.659	3,44	292.625	3,16	281.294	3,52	194.762	3,63
Total CO2 (kg CO2 eq.)	78.724,60	0,94	29.079,71	0,87	43.693,23	0,47	36.857,21	0,46	26.554,79	0,49
Emissões totais (kg CO2 eq.)	3.378.910	40,16	1.087.933	32,39	2.778.421	29,98	2.652.725	33,23	1.832.069	34,14
Carne produzida (kg)	84.129		33.593,55		92.687,07		79.821		53.657	

Fonte: Resultados do trabalho.

No que se refere às emissões de N_2O , os resultados apontam uma queda de 6,5% na produção desse gás, na média das propriedades. Isto mostra que a utilização de fertilizantes nitrogenados no cultivo do volumoso e dos concentrados, utilizados para a alimentação dos animais confinados, não gera mais GEE do que a mitigação resultante da diminuição do tempo de vida do boi.

Por outro lado, o aumento da emissão de CO_2 é diretamente proporcional ao uso de combustível fóssil e de uréia, ambos insumos utilizados no cultivo da alimentação. Na média pode ser observado um aumento de 146% nas emissões desse gás.

Para as emissões relativas ($kg\ CO_2/kg$ de carne) houve ganhos maiores. Isto se deve à maior produção de carne no período avaliado. Com a antecipação de praticamente um ano no abate nos animais, o volume total de carne produzida no sistema de confinamento – ao longo dos 10 anos – equivale a 11 anos de produção a pasto.

Os resultados apresentados na Tabela 13 mostram que, na média, seria possível mitigar 17% da emissão de GEE. O máximo possível foi identificado na região de Dourados, para qual as emissões por quilo de carne produzida recuou de 42,5 $kg\ CO_2\ eq.$ para 34,1 $kg\ CO_2\ eq.$ ou 21,2% menos. Comparando-se o melhor sistema produtivo, pelo lado da emissão de poluentes, com o pior, a redução das emissões por quilo de carne produzida poderia ser ao redor de 33%.

A Figura 6 mostra a razão entre investimento e emissões mitigadas. A partir dela pode-se perceber que o menor investimento por tonelada de carbono evitada é de R\$ 379,31, apontada na propriedade modal de Miranda. A maior razão vista se deu na propriedade de Jataí, com o investimento de R\$ 556,18/tonelada de gases evitados. Esses dois resultados se devem ao problema da escala da produção, uma vez que os mesmos equipamentos considerados no projeto de investimento de Jataí – menor rebanho entre as propriedades avaliadas – são suficientes para atender todas as demais propriedades, incluindo Miranda – detentora do maior rebanho.

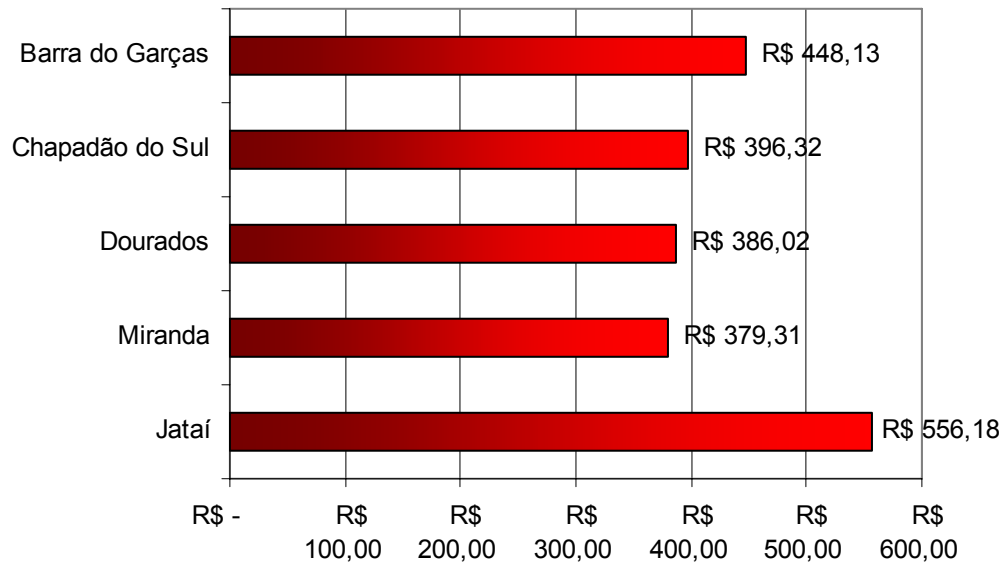


Figura 6 – Razão entre o investimento e a quantidade de emissões evitadas (R\$/t CO₂ eq.)

Fonte: Resultado do trabalho.

4.3 Avaliação econômica

Antes de entrar na avaliação econômica dos projetos serão apresentadas as composições do custo de cada um dos sistemas, evidenciando as principais diferenças entre eles. Os resultados aqui citados podem ser visto em detalhes na planilha Anexa contida no CD-ROM.

A seguir são apresentados os resultados dos indicadores financeiros descritos na metodologia que serviram de base para o julgamento da viabilidade econômica do projeto. Primeiramente são apresentadas análises do ponto de vista do investidor, sem considerar a redução das emissões de GEE e seu valor de mercado. Em um segundo momento o valor das emissões mitigadas é adicionado ao fluxo de caixa do projeto como uma receita, considerando o preço da tonelada de CO₂ determinado no mercado internacional.

Esta medida foi adotada com o objetivo de inserir o benefício econômico na avaliação do projeto. Na prática, no entanto, para tornar a mitigação das emissões em créditos de carbono, ou melhor, em reduções certificadas de emissões (ativos comercializáveis) haveria custos de criação e aprovação de uma metodologia e de verificação e monitoramento dessas emissões.

4.3.1 Custos

A Figura 7 mostra a participação de cada um dos itens no custo variável. Nela percebe-se que o maior gasto dos produtores é com a compra dos suplementos, principalmente sal proteinado e sal mineral. A participação deste item nas propriedades avaliadas ficou entre 56%, na propriedade típica de Miranda, e 82% naquela que representa a região de Barra do Garças. Tal diferença pode ser explicada pela variedade e quantidade de suplementos utilizados nesta última. Enquanto na propriedade de Miranda é utilizado apenas um tipo de sal mineral para todo o rebanho, na região de Barra do Garças são utilizados três tipos diferentes deste complemento alimentar: um é para todo o rebanho – o mesmo utilizado para Miranda; um sal mineral específico, fornecido às vacas na seca; e um terceiro para o restante do rebanho, com exceção dos machos adultos.

Já para os demais itens, não foram identificadas diferenças quanto ao manejo que justificassem as participações desiguais em relação ao custo variável total, sendo estas resultantes do uso dos suplementos.

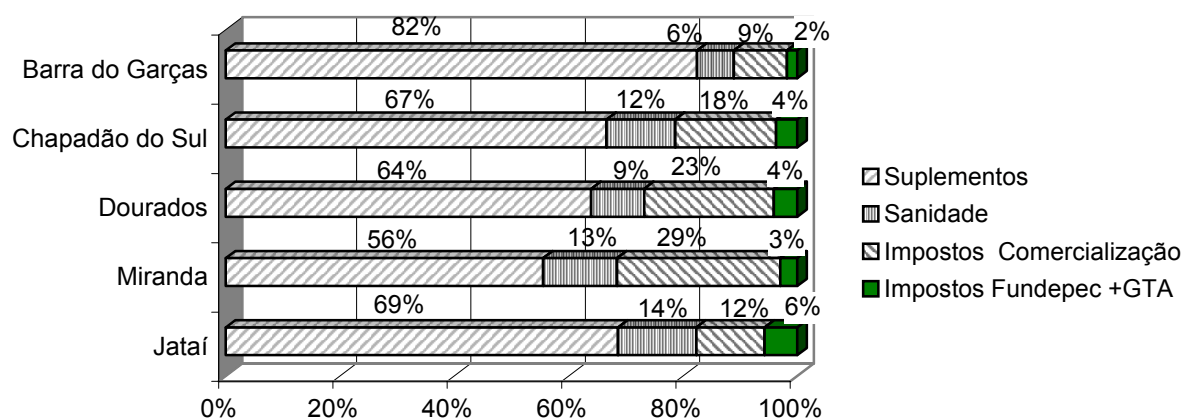


Figura 7 – Participação dos insumos e dos impostos no custo variável total, para o sistema exclusivo de pastagem

Fonte: Resultado do trabalho.

No caso do sistema com terminação em confinamento, pode-se perceber que o item com maior participação no custo é a alimentação. Como ilustrado na Figura 8, o valor gasto com a ração ficou entre 56% e 73% das despesas variáveis.

Em relação aos custos de suplementação e de sanidade, identifica-se uma alteração nos valores absolutos quando se adota o sistema de confinamento. Isso ocorre porque com o confinamento dos machos com 350 kg de peso, ocorre um encurtamento na vida do animal, utilizando, portanto, menor quantidade desses insumos. O recuo médio no gasto com suplementos foi da ordem de 16%, enquanto as despesas com itens de sanidade recuaram 13%.

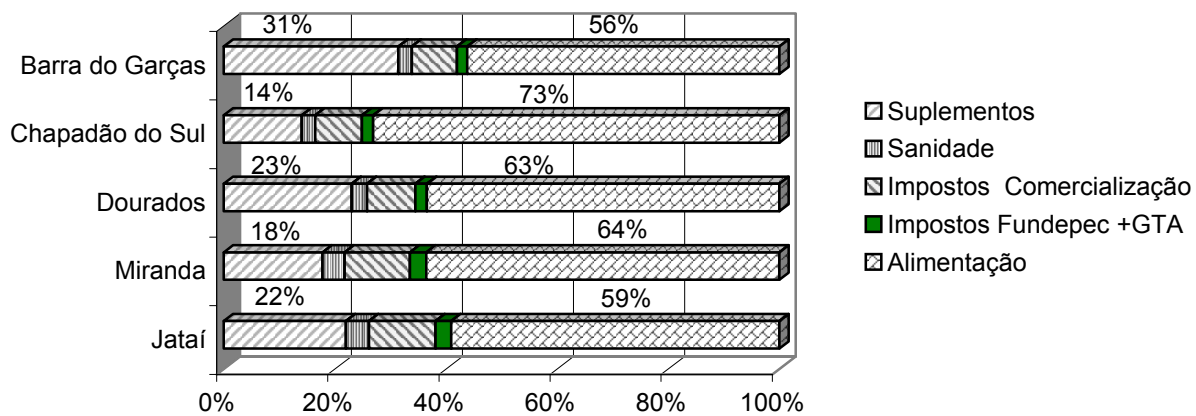


Figura 8– Participação dos insumos variáveis e dos impostos no custo variável total, para o sistema de confinamento

Fonte: Resultado do trabalho.

Com relação aos custos fixos, os únicos itens que apresentaram variação, de um sistema para o outro foram a mão-de-obra e os custos com a manutenção do patrimônio. O aumento de gastos com a de mão-de-obra se deve a necessidade de um funcionário exclusivo para lidar com o confinamento. Na média, o valor despendido com funcionários aumentou em 26%. No que tange à manutenção do patrimônio, os aumentos de despesas foram da ordem de 4,5%, devido aos gastos adicionais com as cercas e com os equipamentos do confinamento.

4.3.2 Avaliação sob a ótica do investidor

Do ponto de vista do investidor, pode se afirmar que, nas condições pré-definidas, o confinamento não traz grande atrativo ao pecuarista que trabalha com os animais criados somente no pasto. Dentre as propriedades avaliadas em apenas uma foi identificado o VPL positivo, a situada na região de Miranda. Ou seja, apenas para essa propriedade típica o confinamento do gado em fase de terminação mostrou-se vantajoso em relação à terminação do animal a pasto.

A Tabela 14 apresenta o fluxo de caixa incremental das propriedades avaliadas. Esses fluxos são compostos pela diferença entre o fluxo de caixa do projeto de confinamento e o fluxo de caixa do sistema exclusivo de pastagens. Com exceção do Ano 0, para qual é lançado o valor do investimento, um valor positivo do fluxo de caixa incremental indica que o fluxo do confinamento é superior ao do sistema a pasto. A partir desta tabela não é possível concluir qual dos dois sistemas é mais vantajoso para o pecuarista, pois existe uma alternância de sinais ao longo do tempo.

Os resultados que apontam a viabilidade ou não do confinamento aparece na Tabela 15, onde estão expressos os VPL's de cada projeto, para três taxas de juros diferentes. Conforme comentado anteriormente, o único valor positivo para o VPL foi visto para o projeto de Miranda, R\$ 3.295,77 a uma taxa de desconto de 7,7%. O pior resultado foi visto na simulação da propriedade de Chapadão do Sul, para qual o VPL foi igual a R\$ -105.979,88, a taxa de desconto de 7,7%. Os demais resultados foram de R\$ -9.379,16 para Jataí, R\$ -29.912 para Dourados e R\$ - 142.417,40 para Barra do Garças.

Estes últimos resultados apresentados, no entanto, não indicam que a atividade pecuária não é viável nestas regiões, tão pouco que a prática do confinamento dos animais não é viável. Estes valores indicam apenas que a terminação do gado no pasto é mais vantajosa. Tal vantagem advém, principalmente, do elevado custo alimentar dos animais restritos à ração.

Tabela 14 – Fluxo de caixa dos projetos de investimento considerando um período de 10 ano

	Ano 0	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4	Ano 5	Ano 6	Ano 7	Ano 8	Ano 9	Ano 10
Jataí	-74.837,62	181.144,95	-88.283,96	6.632,24	-18.931,03	-4.402,67	498,44	813,79	-635,58	-3.546,14	-28.228,87
Miranda	-114.759,48	-54.671,66	224.151,32	-9.629,30	-47.355,83	38.900,18	-50.434,19	5.246,18	-10.127,83	-19.960,50	76.923,14
Dourados	-92.881,43	-29.853,95	122.206,69	-3.559,27	-30.974,15	18.210,30	-28.766,40	177,08	3.293,35	-9.887,37	42.414,00
Chapadão do Sul	-136.435,67	130.672,73	11.381,00	-15.905,03	-57.558,70	-16.214,53	-21.091,95	-23.024,01	-29.646,38	-27.819,09	50.181,49
Barra do Garças	-128.311,50	112.542,90	259.568,87	-196.731,14	-50.344,64	20.421,08	-36.625,83	-34.639,89	-26.875,78	-33.648,43	31.254,81

Fonte: Resultado do trabalho.

Tabela 15 – Valor presente líquido dos projetos de investimento para diferentes taxas de desconto

	Taxa de Juros reais		
	7,7%	4,6%	2,6%
Jataí	-9.379,16	-15.801,09	-20.898,71
Miranda	3.295,77	15.074,25	23.802,39
Dourados	-29.912,40	-23.170,57	-18.110,21
Chapadão do Sul	-105.979,88	-116.306,44	-123.733,40
Barra do Garças	-142.417,40	-170.468,26	-191.434,58

Fonte: Resultado do trabalho.

Tabela 16 – Taxa interna de retorno dos projetos de investimento

	Jataí	Miranda	Dourados	Chapadão do Sul	Barra do Garças
TIR	15,5% - 69,11%	8,70%	-2,37%	-32,87%	Indefinido

Fonte: Resultado do trabalho.

As taxas internas de retorno para cada um dos projetos podem ser vistas na Tabela 16. O projeto de investimento da propriedade modal de Miranda, único a apresentar VPL maior que zero, apresentou TIR de 8,7%. Para a propriedade típica de Jataí o cálculo da TIR apresentou dois valores, sendo um de 15,5% e outro de 69%. Este tipo de resultado pode ser observado quando ocorre a inversão de sinais dos valores do fluxo de caixa, ao longo do tempo de vigência do projeto. Como pode ser visto na Figura 9, o VPL do projeto é positivo para qualquer taxa de desconto situada entre o intervalo apresentado.

As TIR's apuradas para os projetos de Dourados e de Chapadão do Sul apresentaram valores negativos de $-2,37\%$ e $-32,9$, respectivamente. Para o projeto da região de Barra do Garças não há um valor da TIR definido.

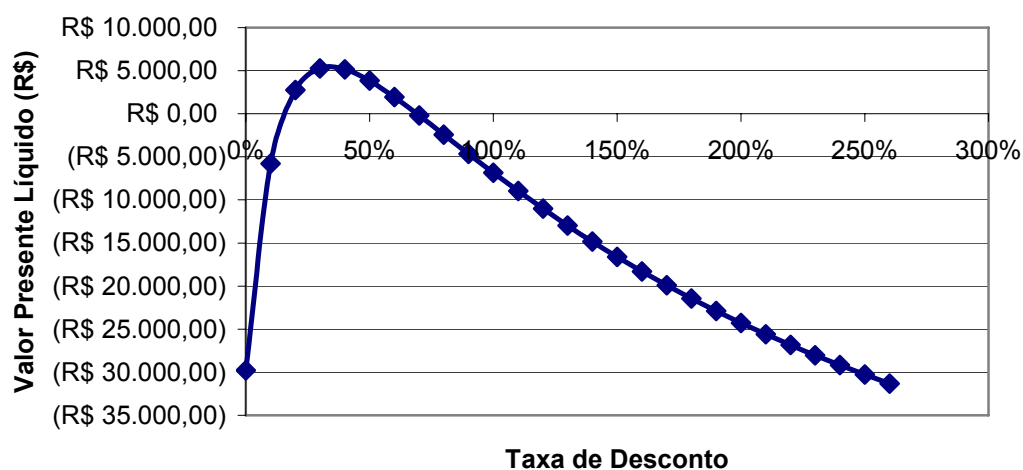


Figura 9 – Valor Presente Líquido do projeto de investimento de Jataí para diferentes taxas de desconto

Fonte: Resultado do trabalho.

4.3.2.1 Análise de sensibilidade e análise de risco

A análise de sensibilidade do projeto foi feita a partir de variações no preço do boi e no custo da ração. Foram consideradas variações de -15% a $+20\%$, no valor da arroba do animal para a estrutura de confinamento. Com isso buscou-se analisar qual o impacto da diferença de

preços obtida pelo confinador, uma vez que no cenário base do projeto o este produtor recebe 7% a mais que no sistema a pasto.

Quanto ao custo de ração, apesar da composição adotada neste projeto ter sido apontada pelo censo de confinamento como a mais utilizada, ela é considerada cara porque contém na sua composição grãos considerados nobres. Tanto o milho quanto a soja recebem essa denominação por fazerem parte da dieta humana e possuírem alto valor no mercado. Outro ponto que encarece o custo da ração é o uso de silagem como volumoso. Este componente possui ótimos valores nutricionais, porém seu custo de produção também é alto. De acordo com dados da FNP (2009), o custo de produção de uma tonelada de matéria seca deste volumoso em 2008 foi de R\$ 215,21, já para a cana-de-açúcar, também muito utilizada como volumoso, o custo é de R\$ 178,16 por tonelada de matéria seca. Nesse sentido, para a análise de sensibilidade foi adotado o intervalo de variação do custo da ração de -50% (considerado que o produtor poderia conseguir uma ração pela metade do custo determinado inicialmente) até 10% acima do custo inicial.

Na simulação feita para a propriedade localizada na região de Jataí verificou-se que para o projeto se tornar viável é preciso que o custo da compra da ração reduza em 30%, com o VPL passando para R\$ 55.431,48. Nesse cenário, o preço do boi gordo poderia recuar até 5% - para R\$ 68,34/@ - que o VPL ainda seria positivo, R\$ 6.550,00. A mesma variação do custo da alimentação também seria suficiente para tornar o projeto viável na propriedade da região de Barra do Garças - VPL igual a R\$ 22.996,40. Já nas propriedades modais de Chapadão do Sul e de Dourados, o VPL se tornaria positivo com gastos 20% e 10% menores na aquisição e produção dos componentes da ração, respectivamente. Os valores presentes líquidos apresentados nesse caso foram de R\$ 1.300,00 e R\$ 3.560,00.

Em outra situação, se o preço do boi recebido pelo confinador, fosse ainda 5% superior ao recebido os projetos de investimento tornar-se-iam viáveis para as propriedades típicas de Chapadão do Sul, R\$ 1.593,00, Jataí, R\$ 39.700,00, e Dourados, R\$ 41.248,41. Para essas duas últimas, o VPL continuaria positivo mesmo que os custos com ração aumentassem em 10%. Já para a propriedade modal de Barra do Garças, o aumento de 5% do preço do boi gordo não é suficiente para tornar o VPL positivo, sendo necessário também o recuo de 10% no preço da ração. Neste caso o cálculo do VPL foi de R\$ 26.600,00. De forma alternativa, considerando o preço do animal 10% maior o projeto também se tornaria viável, mesmo que o gasto com ração aumentasse em 10%.

Analisando a propriedade modal de Miranda o projeto seria inviável caso o custo com ração fosse 10% maior do que aquele utilizado inicialmente. Neste caso o valor do VPL apontado foi R\$ -56.000,00. O VPL também seria negativo se o preço do boi gordo recuasse 5%, de R\$ 70,86/@ para R\$ 67,32/@, apresentando um valor de R\$ -120.000,00. Isto mostra que caso a situação definida inicialmente – de que o preço do animal recebido nos meses de outubro e novembro é 7% superior àquele visto nos meses entre fevereiro e maio – não for verdadeira, o produtor não tem vantagem em confinar o animal.

As análises apresentadas acima visam mensurar a sensibilidade dos projetos. No entanto, o que foi apresentado até agora não mede o risco ao qual o produtor incorre ao realizar esse investimento. No intuito de responder essa questão foi feita uma simulação de Monte Carlo para os resultados do projeto de Miranda. O principal objetivo desse método é fornecer dados para o cálculo da probabilidade de o VPL ser menor que zero.

Para essa simulação é necessário que se conheça a distribuição de probabilidade, a esperança e o desvio padrão das variáveis que mais afetam o fluxo de caixa do projeto (NORONHA, 1987). As variáveis consideradas nesta simulação foram os preços da soja, do milho e do boi gordo. Nenhum método específico foi utilizado para a definição das distribuições de probabilidade. Com base no teorema dos grandes números, a distribuição considerada para estas variáveis foi a normal. Já a esperança e o desvio padrão foram calculados a partir da série histórica mensal do CEPEA de cada produto, a partir de janeiro de 2005.

Levando em conta essas informações e a correlação entre as variáveis, chegou-se ao desvio padrão do fluxo de caixa incremental do projeto, R\$ 55.469. A esperança do fluxo de caixa para cada ano é dada pelo próprio resultado do fluxo de caixa apresentado na tabela 14.

Nestas condições foram gerados mil valores aleatórios para cada ano do fluxo de caixa e logo em seguida calculado mil VPL. A Figura 10 abaixo é um histograma dos resultados da simulação. A partir dela é possível observar a frequência absoluta dos VPL's e a função cumulativa.

Com base nos dados da simulação foi possível também calcular a probabilidade do VPL dar negativo, dadas às incertezas relacionadas à volatilidade dos preços dos principais componentes da ração, milho e soja, e do principal produto, boi gordo. Os resultados apontam para uma probabilidade de $VPL < 0$ de 47,2%, quando considerada a taxa de desconto de 7,7%.

Este resultado mostra que, apesar de viável, o projeto de investimento na região de Miranda não garante resultados positivos, pois existe 47% de chance do sistema somente a pasto ser vantajoso.

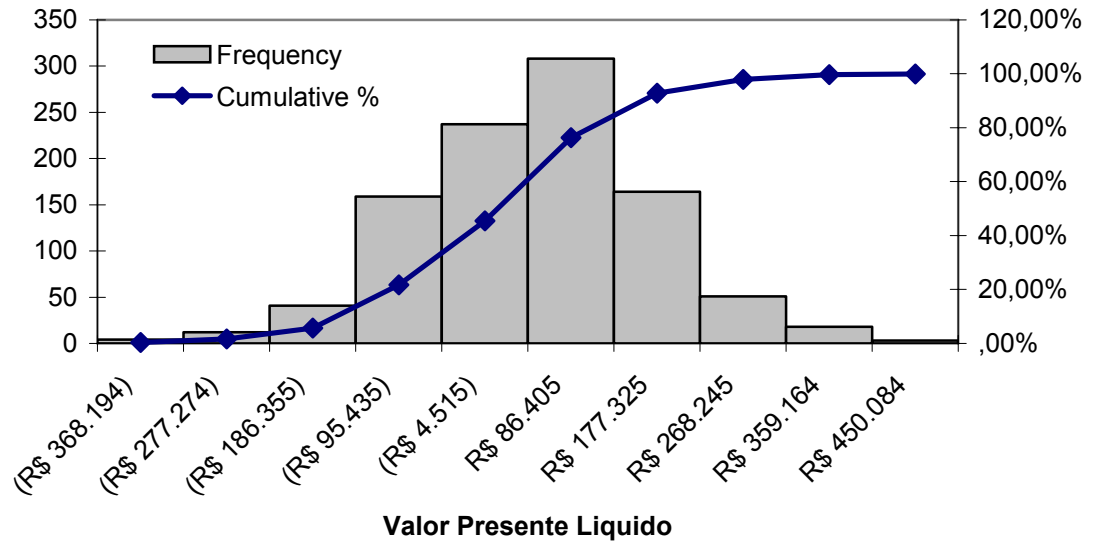


Figura 10 – Histograma da distribuição de probabilidade do VPL do projeto de investimento em Miranda

Fonte: Resultado do trabalho.

4.3.3 Avaliação econômica com o benefício ambiental

O valor do benefício que o projeto de investimento gera para a sociedade foi calculado a partir da quantidade de emissões evitadas multiplicado pelo valor de mercado das reduções certificadas de emissões. Tomando o valor da tonelada de carbono negociada na bolsa europeia do clima – *European Climate Exchange* – de 12,47 euros (ECX, 2009), e com cotação desta moeda a R\$ 2,55 (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2009), chega-se a um valor R\$ 31,80/ t CO₂ eq. A Tabela 17 mostra as emissões evitadas e o valor de mercado das mesmas.

A inclusão desses benefícios como um fluxo de caixa positivo no projeto torna o projeto de investimento viável em outras duas propriedades modais, Jataí e Dourados. Considerando a taxa de desconto de 7,7%, o valor do VPL para estes projetos seria de R\$ 18.324,17 e R\$ 20.565,53, respectivamente. À mesma taxa de desconto, o VPL do projeto de Miranda passaria para R\$ 63.845,38. Quanto as demais propriedades modais estudadas, o VPL ainda continuaria

negativo, R\$ -29.245,80, para Chapadão do Sul, e R\$ - 73.059,34, para Barra do Garças. Os resultados para as demais taxas de desconto podem ser observados na Tabela 18.

Tabela 17 – Emissões evitadas e valor das emissões de mercado das emissões evitadas, por região de estudo

	Jataí	Miranda	Dourados	Chapadão do Sul	Barra do Garças
Emissões evitadas (t CO2 eq.)	134,56	302,55	240,61	344,26	294,59
Valor de mercado das emissões	R\$ 4.278,66	R\$ 9.620,63	R\$ 7.651,13	R\$ 10.946,81	R\$ 9.367,45

Fonte: Resultado do trabalho.

Tabela 18 – Valor presente líquido dos projetos de investimento considerando o valor do benefício das emissões evitadas à diferentes taxas de juros

	Taxa de Juros reais		
	7,7%	4,6%	2,6%
Jataí	18.324,17	17.159,23	15.851,66
Miranda	63.845,38	205.707,74	273.063,00
Dourados	20.565,53	35.547,23	47.110,89
Chapadão do Sul	-29.245,80	-28.664,20	-27.898,65
Barra do Garças	-73.059,34	-92.372,05	-107.222,52

Fonte: Resultado do trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A intensificação da propriedade, através do confinamento dos animais em fase de terminação, se mostrou inviável para a maioria das propriedades modais apresentadas quando comparado com o sistema atualmente implementado. Estes resultados, no entanto, tem uma forte influência dos custos com o alimento adotado no modelo, conforme mostrado pela análise de sensibilidade. Futuros estudos podem repetir a análise financeira utilizando modelos de otimização linear em busca da ração de mínimo custo para cada uma das regiões. Desta forma poderiam ser levadas em consideração as relações de preços entre os componentes da ração.

Na propriedade modal onde foi apontada vantagem econômica em engordar os animais em confinamento, o investimento mostrou-se de alto risco. A simulação do investimento feita em Miranda apresentou uma probabilidade de 47% do sistema de pasto ser mais vantajoso em relação ao confinamento.

O resultado do cálculo das emissões mostrou que o encurtamento da vida do animal, através do fornecimento de alimento com alto teor de proteína e energia, é eficiente na redução das emissões de gases efeito estufa. Na média, essa redução foi de 17% na emissão por quilo de carne produzida. Ficou claro também a redução promovida pela melhora no manejo do rebanho. Comparando o pior sistema, em termos das emissões (a pasto e com IEP de 21 meses) com o melhor (confinamento, com IEP de 15 meses) pôde-se perceber uma diferença de 33% na quantidade de CO₂ eq.

A inclusão do benefício ambiental tornou-se imprescindível no julgamento do investimento em duas regiões. No entanto, como dito anteriormente, o produtor dificilmente receberia todo o valor de mercado das emissões evitadas com a intensificação da atividade. Isto porque o processo de aprovação das RCE's é custoso. Assim, estes dados servem apenas para ilustrar se os projetos de investimento são viáveis do ponto de vista global, considerando investidores e a sociedade.

Assim como foi feito para este sistema, outros trabalhos podem calcular os benefícios econômicos e ambientais da intensificação da atividade pelos demais modelos apresentados neste trabalho, como melhoria das pastagens, adoção de pastejo rotacionado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CONFINADORES - ASSOCON. **Censo dos confinadores do estado do Mato Grosso**. 2008. Dados não divulgados.

AUSTRÁLIA. Australian Greenhouse Office. **Greenhouse gas emission from Australian: what we do, what can we do?** Canberra: Canprint, 2001. 35 p.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Taxas de câmbio**. 2009. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpesq.asp?id=txcotacao&id=txcotacao>>. Acesso em: dez. 2009.

BARIONI, L.G. LIMA, M.A.; ZEN, S.D.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A.C. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSES GAS AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007 Christchurch, NZ. **Proceedings...** Christchurch, NZ. 2007.

BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. Coordenação-Geral de Mudanças Globais e Clima. **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: MCT, 2004. 274p.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Influência do Manejo da Produção Animal sobre a Emissão de Metano em Bovinos de Corte**: resultados obtidos. Brasília: 2007. p. 42.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**: uma apresentação didática. 1991. 8.ed. Rio de Janeiro: Ed. Campus 1991. 342p.

CONTADOR, C.R. **Projetos sociais**: avaliação e prática. 3.ed. São Paulo: Ed. Atlas, 1997. 375p.

COSTA, K.A.P. ROSA, B; OLIVEIRA, I.P.; CUSTÓDIO, D.P.; SILVA, D.C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005.

COSTA, K.A.P.; OLIVEIRA, I.P.; FAQUIN, V. **Adubação nitrogenada para pastagens do gênero Brachiaria em solos do Cerrado**. Santo Antonio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2006. (Documentos, 192).

DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, A.Q.; LOURENÇO, A.J.; ALLEONI, G.F.; FRIGHETTO, R.T.S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A. **Preliminary results on methane emission by nelore cattle in Brazil grazing: Brachiaria brizantha cv. Marandu**. 2003. Disponível em: <www.coalinfo.net.cn/coalbed/meeting/2203/papers/agriculture/AG011.pdf>. Acesso em: jan.2008.

EUCLIDES, V.P.B. **Alternativas para intensificação de carne bovina em pastagem**. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2000. 65 p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Net Rome, 2006. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm>> . Acesso em: dez 2007.

FERREIRA FILHO, J.B.S.; ROCHA, M.T. **Avaliação econômica de políticas públicas visando redução das emissões de gases de efeito estufa no Brasil**, 2004. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/6/750.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

FNP. **Anualpec 2009**: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Prol, 2009.

IBGE. Censo agropecuário: Brasil 1995/1996. Rio de Janeiro: 1998.

IBGE. Censo agropecuário 2006: resultados preliminares. Rio de Janeiro, 2006.

ICHIHARA, S.M. **Desmatamento e recuperação de pastagens na região amazônica**: uma abordagem através das análises de projetos. 2003. 129p. Dissertação de (Mestrado na área de Economia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Published: IGES, Japan. 2007. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>. Acesso em: out. 2007.

LAPPONI, J. C.. **Projetos de investimento na empresa**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 488 p.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; HUNTER, R.A.; McCRABB, G.J. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, 81, p. 227 – 234, 1999.

MACEDO, M.C.M. **Sistemas de produção em pasto nas savanas da América Tropical**: limitações e sustentabilidade. In: REUNIÓN LATINOAMERICANA DE PRODUCCION ANIMAL, 16. Congresso uruguayo de produccion animal, 2000. Montevideu, UR. **Anales...** Montevideu, UR, 2000 – CD ROM.

MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A.N.; ZIMMER, A.H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. EMBRAPA Gado de Corte. (Comunicado Técnico, 62) Nov., 2000. Disponível em: <<http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/cot/COT62.html>>. Acesso em: 20 fev. 2009.

MARTHA JUNIOR, G.B.; VILELA, L. **Pastagens no cerrado**: baixa produtividade pelo uso de fertilizantes. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002. (Documentos, 50).

MAYA, F.L.A. **Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem o uso da irrigação**. 2003. 156p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

- McALLISTER, T.A.; NEWBOLD, C.J. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 48, p. 212-217, 2008.
- MISHAN, E.J. **Análise custo benefício: uma introdução informal**. Rio Janeiro: Zahar Editores, 1976. 488 p.
- NORONHA, J.F. **Projetos Agropecuários: Administração financeira, Orçamentação e avaliação econômica**. São Paulo: Fealq, 1981. 274 p.
- OLDEMAN, L.R.; HAKKELING, R.T.A.; SOMBROEK, W.G. **World Map of the Status of Human Induced Soil Degradation**. World, 1991. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 17 nov.2007.
- PAULINO, M.F.; FONTES, C.A.A.; JORGE, A.M.; PEREIRA, J.P.; GOMES JÚNIOR, P. Exigências de energia para manutenção de bovinos zebuínos não-castrados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.28, n.3, p.621-626, 1999.
- ROSS, S.A.; WESTERFIELD, R.W.; JAFF, J.F. **Administração financeira**. São Paulo: Ed. Atlas, 2002. 776 p.
- SCHILS, R.L.M.; OLESEN, J.E.; DEL PRADO, A.; SOUSSANA, J.F. A review of farm level modeling approaches for mitigating greenhouse gas emissions from ruminant livestock systems. **Livestock Science**, London, v.112, n.3, p. 240–251, 2007.
- SILVA, S.C. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; EUCLIDES, V.B.P. **Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo**. Viçosa: Suprema, 2008. 115 p.
- SMITH, P. Agriculture. In METZ, B.; DAVIDSON, O.R.; BOSCH, P.R.; DAVE, R.; MEYER, L.A. (Ed.). **Climate change 2007: mitigation**. New York: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_ort_wg3_report_mitigation_of_climate_change.htm>. Acesso em: abril 2008>.
- SOUSA, D.M.G.; VILELA, L.; LOBATO, E; SOARES, W. V. **Uso de gesso, calcário e adubos para pastagens no cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. (Circular técnica, 12).
- SUBAK, S. Global environmental costs of beef production. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 30, p. 79 – 91, 1999.
- TEODORO, M.S.R. **Produção e teor de matéria seca das braquiárias brizanta (*Brachiaria brizantha* cv. Marandú) mulato (*Brachiaria híbrida* cv. Mulato) nas condições edafoclimáticas do sudoeste goiano**. Mineiros. 2007. 145p. (Monografia) – Faculdades Integradas de Mineiros. Mineiros, 2007.

VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; SOUSA, D.M.G. **Benefícios da integração entre lavoura e pecuária**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2001. 21 p. (Documentos, 42).

ZEN, S.D.; BARIONI, L.G.; BONATO, D.B.B.; ALMEIDA, M.H.S.P.; RITTL, T.F. **Pecuária de corte brasileira**: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE). 2008. 178p. Relatório de pesquisa. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: maio 2008.