

## Avaliação de Ciclo de Vida de sistemas de criação modais e melhorados no Pantanal



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  
Embrapa Pantanal*

## **DOCUMENTOS 160**

# **Avaliação de ciclo de vida de sistemas de cria modais e melhorados no Pantanal**

*Fernando Rodrigues Teixeira Dias  
Eriklis Nogueira  
Juliana Correa Borges Silva*

**Embrapa Pantanal**  
Corumbá, MS  
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Pantanal**

Rua 21 de setembro, 1880,  
B. Nossa Senhora de Fátima,  
Corumbá, MS - CEP: 79320-900  
Fone: (67) 33682000  
Fax: (67) 33682150

[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)

Comitê Local de Publicações da Embrapa Pantanal

Presidente

*Ana H B Marozzi Fernandes*

Membros

*Fernando R T Dias, Juliana C Borges da  
Silva, Márcia Furlan N T de Lima, Sandra  
Mara A Crispim, Suzana M de Salis, Viviane  
de Oliveira Solano*

Supervisão editorial  
*Ana H B Marozzi Fernandes*

Revisão de texto  
*Ana H B Marozzi Fernandes*

Tratamento das ilustrações  
*Marilisi Jorge da Cunha*

Projeto gráfico da coleção  
*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica  
*Marilisi Jorge da Cunha*

Foto da capa: *Eriklis Nogueira*

**1ª edição**

Publicação digital (2019)

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Pantanal

---

Dias, Fernando Rodrigues Teixeira

Avaliação de ciclo de vida de sistemas modais e melhorados de cria no Pantanal [recurso eletrônico] / por Fernando Rodrigues Teixeira Dias, Eriklis Nogueira e Juliana Correa Borges Silva. – Dados eletrônicos. - Corumbá : Embrapa Pantanal, 2019. 22p. il. color. – (Documentos / Embrapa Pantanal, ISSN 1981-7223; 160)

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: <<https://www.embrapa.br/pantanal/publicacoes>>.

Título da página da Web (acesso em 31 dez. 2019).

1. Pecuária. 2. Bovino. 3. Inseminação Artificial. 4. Impacto Ambiental. I. Título. II. Nogueira, Eriklis. III. Silva, Juliana Correa Borges. IV. Série. V. Embrapa Pantanal.

---

CDD (21.ed.) 636

Viviane de Oliveira Solano (CRB – 1/2210)

© Embrapa, 2019

## **Autores**

### **Fernando Rodrigues Teixeira Dias**

Engenheiro Eletrônico, Mestre em Administração de Empresas  
Pesquisador da Embrapa Pantanal,  
Corumbá - MS

### **Erikliis Nogueira**

Médico Veterinário, Doutor em Ciências Veterinárias  
Pesquisador da Embrapa Pantanal,  
Corumbá - MS

### **Juliana Correa Borges Silva**

Médico Veterinário, Doutora em Ciências Veterinárias  
Doutora em Zootecnia,  
Pesquisadora da Embrapa Pantanal,  
Corumbá - MS

## Apresentação

A presente obra vem a contribuir com um dos pontos cruciais para a produção pecuária que é a associação positiva do aumento da produtividade com a sustentabilidade do ambiente onde ela está sendo executada. A tecnologia da reprodução da Inseminação Artificial por Tempo Fixo aplicada ao Pantanal vem contribuir positivamente neste contexto de uso produtivo da terra e emissões de gases do efeito estufa. Esperamos que o resultado deste trabalho estimule mais reflexão sobre os temas abordados, bem como, os possíveis ganhos do foco para a sustentabilidade em ambientes tão relevantes e sensíveis como o Pantanal.

*Jorge Antonio Ferreira de Lara*  
Chefe Geral  
Embrapa Pantanal

## Sumário

<b>Introdução</b> .....	<b>9</b>
<b>Material e Métodos</b> .....	<b>10</b>
Sistemas de cria convencional e melhorados .....	10
Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) dos sistemas convencional e melhorados ....	12
<b>Resultados</b> .....	<b>14</b>
<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>20</b>
A formação de pasto e os impactos da mudança de uso da terra.....	20
Modelos de sistemas de produção.....	21
Consumo de água .....	21
<b>Considerações Finais</b> .....	<b>21</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>21</b>
<b>Referências</b> .....	<b>22</b>

## Introdução

A bovinocultura de corte é uma das atividades humanas mais relevantes para a economia do Pantanal e do Brasil. O rebanho nacional em 2018 estava em torno de 213,5 milhões de cabeças (IBGE, 2018). Oliveira et al. (2016) estimaram a população de bovinos na planície pantaneira em 3,85 milhões de animais, sendo 70% desta (2,7 milhões de cabeças) no estado de Mato Grosso do Sul e 30% (1,15 milhões de cabeças) no estado de Mato Grosso.

A Embrapa Pantanal vem desenvolvendo tecnologias para a bovinocultura de corte no Pantanal desde seu estabelecimento em 1975, muitas vezes em parceria com a Embrapa Gado de Corte. O arranjo de projetos “+Precoce” estava entre as iniciativas desta parceria, o qual visou o desenvolvimento de tecnologias e sistemas de produção do novilho precoce. O projeto “+Cria” fazia parte desse arranjo e visa o desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias relacionadas à reprodução animal. As tecnologias associadas ao uso de Inseminação Artificial a Tempo Fixo (IATF) estão entre as tecnologias desenvolvidas pelo projeto.

A IATF é uma biotécnica que supre as deficiências da inseminação artificial tradicional, que são as falhas de detecção de cios e a incapacidade de atingir fêmeas em anestro. A IATF consiste no uso de fármacos capazes de controlar e sincronizar o ciclo estral e a ovulação das fêmeas, de modo que, se possa inseminar esses animais em horários pré-determinados e com boas taxas de concepção. A técnica também permite trazer fêmeas em anestro à ciclicidade. Assim, o uso de protocolos hormonais define o calendário da estação de monta para data e hora pré-estabelecidos de inseminação artificial. A IATF tem grande potencial para o aumento de eficiência zootécnica e desempenho econômico de sistemas de cria de bovinos de corte no Pantanal, associado ou não ao uso de outras tecnologias (Oliveira et al., 2015; Nogueira et al., 2016; Silva et al., 2017; Abreu et al., 2018).

Por outro lado, também é importante avaliar os impactos das tecnologias voltadas para a bovinocultura sob o ponto de vista ambiental, tendo em vista os impactos da produção de bovinos de corte para o aumento da emissão de gases de efeito estufa (GEE) e, conseqüentemente, para as mudanças climáticas. Tais impactos são geralmente devidos à emissão de metano entérico pelos animais, a emissão de óxido nítrico pela decomposição dos dejetos animais e à emissão de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa pela formação e manutenção da pastagem (Dias et al., 2018).

Para que todos os processos necessários à produção de bovinos de corte sejam considerados na avaliação de impactos, recomenda-se a abordagem conhecida como Avaliação de Ciclo de Vida (ACV), normatizada pela ISO 14040 (International..., 2006). A Avaliação do Ciclo de Vida completa para um produto<sup>1</sup>, chamada “do berço ao túmulo”, considera todos os processos humanos, desde a extração de todos os recursos da natureza até a disposição de todos os resíduos na natureza. Uma abordagem intermediária considera os processos desde a extração dos recursos da natureza até a saída de um produto para o processo seguinte. Esta abordagem é mais simples, mas útil na comparação de sistemas de produção que entregam produtos semelhantes, por exemplo, diferentes sistemas de produção de bovinos de corte (International..., 2006)

Assim, esta publicação apresenta um dos resultados do projeto +Cria: A avaliação de ciclo de vida (ACV) do “berço ao portão” do impacto ambiental de sistemas de cria do Pantanal modais e melhorados pelo uso de IATF

---

<sup>1</sup> Em ACV dá-se preferência a estudos que avaliam o impacto de uma “unidade funcional”, para permitir a comparação do impacto ambiental entre diferentes produtos que cumprem a mesma função, p.ex., latas de alumínio e garrafas plásticas, mas também é possível e aceitável se realizar estudos de ACV comparando diferentes sistemas de produção do mesmo produto.

## Material e Métodos

### Sistemas de cria convencional e melhorados

Estimou-se o efeito da adoção de IATF nos impactos ambientais de um sistema de cria típico do Pantanal. Como base inicial para o inventário de ciclo de vida, foram utilizados os modelos matemáticos de sistemas de produção de cria para a avaliação do desempenho econômico de sistemas que empregam ou não IATF, descritos em Oliveira et al. (2015). Os cálculos de emissões de gases de efeito estufa (GEE) segundo métodos utilizados por especialistas em ACV e instituições ligadas ao tema, como o IPCC - Painel Internacional de Mudanças Climáticas e a base de dados internacional de inventários de ciclo de vida Ecoinvent, foram acrescentados a estes modelos matemáticos. Os métodos utilizados estão descritos em Dias et al. (2018).

No estudo de Oliveira et al. (2015), o desempenho zootécnico e econômico de um sistema modal, isto é, convencional de cria do Pantanal foi modelado matematicamente em planilhas eletrônicas a partir de levantamento junto a produtores. Foram também elaborados modelos matemáticos para outros dois sistemas a partir de ajuste de índices zootécnicos do modelo do sistema Convencional. Um deles foi denominado IATF\_Convencional e considerou os melhores índices de desempenho zootécnico que seriam obtidos, segundo a opinião de especialistas, com o emprego de IATF segundo a opinião de especialistas. O segundo modelo de sistema foi denominado IATF\_Pasto e considerou, além dos efeitos nos índices zootécnicos que poderiam ser obtidos pelo emprego de IATF, também os efeitos que seriam obtidos pela formação de pasto em 30% da área. Na Tabela 1 estão os índices zootécnicos ajustados para cada sistema no estudo de Oliveira et al. (2015) e na Tabela 2 estão os resultados em área de pastagem, composição do rebanho e produção, segundo memória de cálculo utilizada naquele estudo.

**Tabela 1.** Índices zootécnicos para os três sistemas modelados.

	Convencional	IATF_Convencional	IATF_Pasto
Taxa de natalidade (múltiparas) (%)	50	75	75
Relação vaca:touro	25:1	40:1	50:1
Intervalo entre partos (meses)	24	14	14
Idade à primeira cria (meses)	48	40	36
Mortalidade pré-desmama (%)	8	8	5
Mortalidade pós-desmama (%)	3	3	3%

Fonte: Adaptado Oliveira et al., 2015.



**Tabela 2.** Área de pastagem, rebanho e produção dos três sistemas modelados.

		Convencional	IATF_Convencional	IATF_Pasto
<b>Área (ha)</b>	Pasto nativo	8.000	8.000	5.600
	Pasto formado	-	-	2.400
	Reserva legal	2.000	2.000	2.000
<b>Rebanho (cabeças)</b>	Bezerros	445	671	745
	Bezerras	445	671	745
	Touros reprodutores	72	44	44
	Novilhas 12 a 24 meses	257	329	402
	Novilhas 24 a 36 meses	249	320	390
	Vacas paridas	996	1.502	1.669
	Vacas solteiras	604	208	231
<b>Rebanho (kg/cabeça)</b>	Bezerros	93	93	93
	Bezerras	83	83	83
	Touros reprodutores	600	600	600
	Novilhas 12 a 24 meses	175	175	175
	Novilhas 24 a 36 meses	240	240	240
	Vacas paridas	345	345	345
	Vacas solteiras	310	310	310
<b>Tempo de permanência (meses)</b>	Bezerros	10	10	10
	Bezerras	10	10	10
	Touros reprodutores	86	52	67
	Novilhas 12 a 24 meses	14	14	14
	Novilhas 24 a 36 meses	24	16	12
	Vacas paridas	89	76	70
	Vacas solteiras	89	76	70
<b>Produção (cabeças)</b>	Bezerros	455	671	745
	Bezerras	180	331	331
	Vacas para descarte	249	320	390
	Touros reprodutores	10	10	8
<b>Produção (kg/cabeça)</b>	Bezerros	160	160	160
	Bezerras	140	140	140
	Vacas para descarte	360	360	360
	Touros reprodutores	600	600	600
<b>Rebanho médio (UA)</b>		1.639	1.790	2.018
<b>Produção total (kg de peso vivo / ano)</b>		193.640	274.900	310.740

Fonte: Oliveira et al., 2015.

## **Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) dos sistemas convencional e melhorados**

Utilizando a composição do rebanho e outros dados disponíveis nestes modelos, realizou-se a avaliação de ciclo de vida “do berço ao portão” dos três sistemas, limitada à categoria mudanças climáticas. Para a análise, utilizou-se a base de dados Ecoinvent versão 3.6 (Ecoinvent, 2019), disponibilizada em setembro de 2019. Nessa versão foram incluídos inventários de ciclo de vida (ICV) e métodos de cálculo regionalizados para diversos produtos da agropecuária brasileira, elaborados por equipe de pesquisadores da Embrapa e outras instituições parceiras.

Para este estudo, algumas simplificações foram feitas para os processos a montante, isto é, os processos que ocorrem antes da entrada do sistema:

Foram desconsideradas as emissões a montante da produção de touros reprodutores.

As emissões dos touros reprodutores na sua vida dentro dos sistemas foram incluídas, mas as emissões da produção destes touros antes de entrarem nos sistemas foram desconsideradas neste estudo.

A quantidade de touros comprados foi a mesma nos sistemas Convencional e IATF\_Convencional. No sistema IATF\_Pasto, a quantidade de touros suposta é reduzida em 20% (8 touros comprados por ano, em vez de 10 touros nos outros dois sistemas).

Supondo as emissões anuais de GEE da produção de touros por kg de peso vivo do animal semelhantes às emissões anuais por kg de peso vivo do animal de outros bovinos, as emissões de touros comprados por ano reduzidas no sistema IATF\_Pasto quando comparado com os outros dois sistemas seriam as de 2 touros x 600 kg por touro x 3 anos em média para atingir a maturidade reprodutiva e ingressar no sistema de produção, ou seja, seriam emissões correspondentes às de cerca de  $2 \times 600 \times 3 / 450 = 8$  UA. Quando comparadas com as emissões anuais do rebanho do sistema IATF\_Pasto, de cerca de 2.018 UA, as emissões evitadas pelos touros comprados a menos por este sistema seriam da ordem de  $8 / 2.018$ , ou 0,4% das emissões anuais do rebanho deste sistema.

As emissões do transporte de bovinos de uma fazenda para outra são menores do que 1% das emissões produzidas pelo animal em seu ciclo de vida no sistema, como comprovado nos inventários de ciclo de vida da bovinocultura de corte descritos em Dias et al. (2018). Os dois touros comprados a menos representariam uma redução menor do que 1% de 0,4%. Por isso as emissões de transporte de touros comprados também não foram consideradas.

Foram desconsideradas as emissões a montante de touros produtores de sêmen.

Os impactos ambientais de um sistema de produção devem ser alocados aos produtos do sistema, por unidade de produto (International..., 2006). Sendo assim, a contribuição da produção e transporte do sêmen aos sistemas de produção IATF\_Convencional e IATF\_Pasto será proporcional à quantidade de sêmen consumida por ano por estes sistemas. Um reprodutor típico pode produzir mais de 50.000 doses por ano (Silva, 2019), o que corresponderia a uma relação vaca / touro mais de mil vezes superior à encontrada nos sistemas analisados. Se supusermos que as emissões totais da fazenda produtora de sêmen, rateadas por UA de rebanho, são semelhantes ou ao menos da mesma ordem de grandeza das emissões por UA de rebanho estimadas para os sistemas analisados, esta relação vaca / touro tão superior torna irrelevante a carga de emissões a montante acrescentada pelo sêmen comprado, mesmo se todas as emissões da produção e transporte do sêmen forem alocadas às doses de sêmen produzidas, e nenhuma ao peso de animais descartados ou outros coprodutos.

Foram desconsideradas as emissões a montante da produção, embalagem e transporte de fármacos e sêmen para IATF.

O peso de fármacos e sêmen IATF consumidos por ano por um sistema de produção do tamanho dos modelados pesa menos de 10 kg, já embalados (Silva, 2019)<sup>2</sup> o que é menos de 0,01% do peso da produção dos sistemas, tornando irrelevante as emissões a montante por kg de insumo (embalagens incluídas) que seriam alocadas à produção animal.

Foram desconsideradas as emissões a montante da produção e transporte da suplementação mineral.

A massa de suplementação mineral consumida anualmente corresponde de 20% a 30% do peso vivo produzido, o que não permitiria a sua exclusão da estimativa de emissões pelo critério de massa. O conjunto de dados de inventários de ciclo de vida dos processos de transporte e produção brasileira do sal mineral não estava disponível na base de dados Ecoinvent 3.6 usada no momento da elaboração das análises. No entanto, simulações feitas após a inclusão do ICV destes processos na versão 3.6 permitiram avaliar que o impacto por kg de peso vivo de animal produzido seria inferior a 1% do impacto advindo das emissões animais. No estudo presente, o efeito deste impacto nos resultados seria ainda menor, pois os três sistemas supõem suplementação mineral em quantidades semelhantes por kg de animal do rebanho.

Foram desconsideradas as emissões a montante da produção, transporte e uso de infraestrutura (sede, galpões, currais, cercas).

A infraestrutura dos três sistemas foi considerada semelhante, sem grandes diferenças na quantidade e tipo de material empregado, com pouco efeito, portanto, nas diferenças entre emissões totais destes sistemas. Além disso, os impactos de produção e uso de infraestrutura foram avaliados como irrelevantes quando da elaboração de conjuntos de dados para sistemas de produção de bovinos de corte na base de dados Ecoinvent 3.6, e esta avaliação foi corroborada por especialistas brasileiros e estrangeiros, dentro do processo formal de avaliação de ICV para publicação (Dias et al., 2018).

Os sistemas excluem o uso de insumos para calagem e adubação da pastagem.

A formação e manutenção de pasto em geral implica em emissões de GEE adicionadas pelo uso de maquinário e combustível em operações agrícolas, e de seus insumos, i.e., cal ou gesso (para correção de acidez do solo) e adubos ou fertilizantes. Nos sistemas modelados, as emissões das operações agrícolas foram consideradas, mas os impactos da produção, transporte e uso de insumos para calagem e adubação não foram considerados, porque os sistemas modelados não os utilizam em reforma ou formação de pasto.

As emissões a montante da produção de sementes para pastagem plantada no sistema IATF Pasto foram desconsideradas considerando o peso irrelevante representado pelas sementes quando comparado ao peso de animais produzidos e a intensidade de emissão menor. Com relação ao peso, para o IATF\_Pasto foi suposto o plantio de 11 kg de sementes por ha a cada 10 anos, em uma área de 2.400 ha, ou seja, cerca de 2,64 toneladas por ano em média, ou menos de 1% das mais de 300 toneladas de produção de peso vivo por ano por aquele sistema. Com relação à intensidade de emissões, Biograce (2015) estimou as emissões de gases de efeito estufa de várias sementes com potencial para a produção de biocombustíveis na Europa, como trigo, milho, soja, girassol, colza, e para todas estas sementes a intensidade de emissão é menor do que 1 kg de CO<sub>2</sub>eq por kg de semente. Como a produção de peso vivo de bovino neste estudo considera para uma faixa de 15 a 25 kg de CO<sub>2</sub> eq por kg de peso vivo, a relação menor do que 1% de massa entre sementes compradas e peso vivo produzido pelos sistemas se torna uma relação inferior a 0,1% no que tange à contribuição para as emissões de gases de efeito estufa.

---

<sup>2</sup> Comunicação pessoal da pesquisadora Juliana Correa Borges da Silva, durante discussão para correção do trabalho em atendimento à orientação de revisor, em novembro de 2019

Foi considerado o impacto da Mudança de Uso da Terra (MUT) utilizando metodologia regionalizada.

Utilizou-se o modelo BRLUC (Novaes et al., 2017) para a obtenção do cálculo da estimativa do impacto da mudança de uso da terra pela substituição de 30% da pastagem nativa por pastagem plantada no sistema IATF\_Pasto. Esse modelo está alinhado com as premissas assumidas para os conjuntos de dados de ICV da produção agropecuária nacional enviados ao Ecoinvent para publicação de sua versão 3.6 (soja, milho, cana de açúcar, eucalipto, manga, bovinos de corte). Também de acordo com as premissas consideradas na elaboração daquele inventário, a pastagem que permaneceu nativa não foi considerada no cálculo de MUT.

Impacto foi alocado economicamente a três produtos: bezerro, bezerra, e animais descartados.

Em linha com as premissas assumidas para os conjuntos de dados de ICV da bovinocultura de corte publicados no Ecoinvent 3.6, os impactos “do berço ao portão” de cada sistema foram alocados economicamente, isto é, proporcionalmente aos preços do peso vivo de três produtos: bezerros desmamados vendidos, bezerras desmamadas vendidas, e animais descartados vendidos para abate (vacas e touros). A alocação econômica dos impactos entre estes produtos utilizou a média dos preços nacionais de bezerros e bezerras desmamados e de animais para abate e as taxas de conversão da moeda nacional para o euro dos últimos 10 anos.

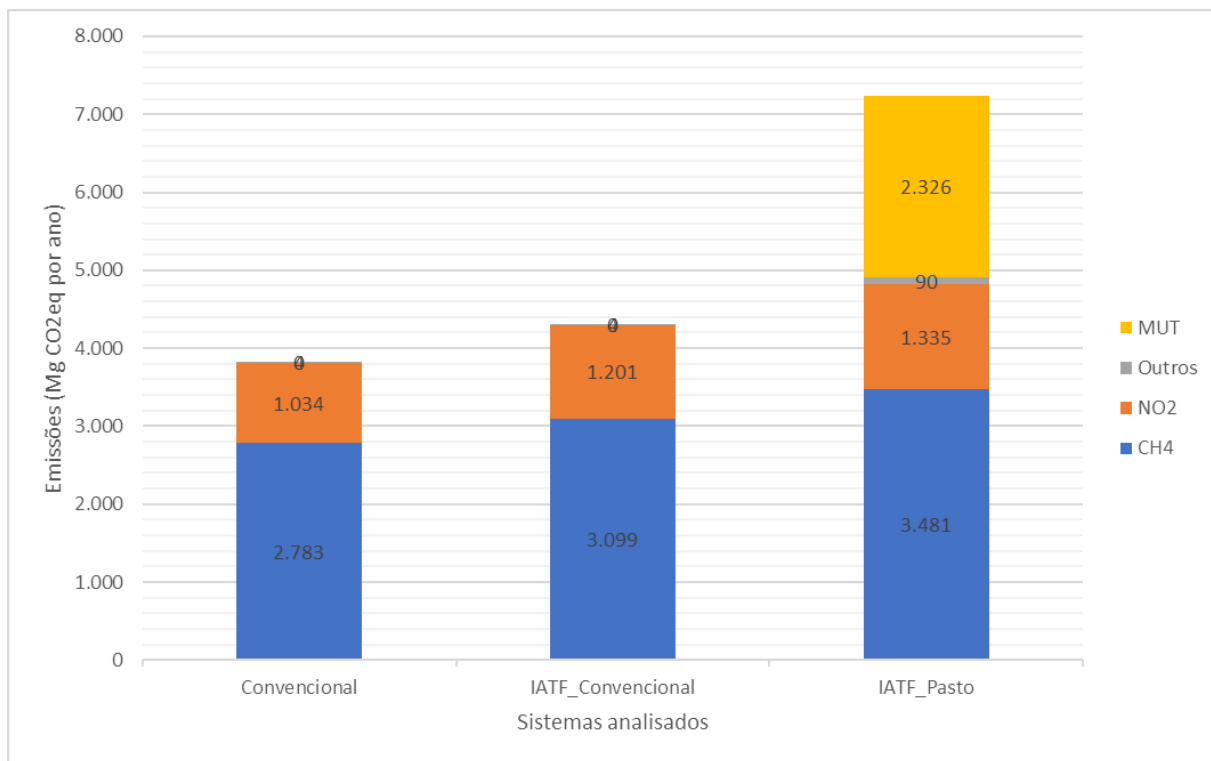
## Resultados

As emissões de GEE “do berço ao portão” dos três sistemas analisados foram calculadas utilizando a composição dos rebanhos nos três sistemas modelados, as premissas assumidas para o estudo, os modelos de cálculo de emissão de gases de efeito estufa e ICV de processos a montante disponíveis na base de dados Ecoinvent 3.6 e descritos em Dias et al. (2018). As emissões foram agrupadas em categorias de fontes de emissão mais relevantes. Os resultados são apresentados nas Figuras e texto a seguir.

Da Figura 1, percebe-se que as emissões relevantes se resumem às emissões animais ( $\text{CH}_4$  e  $\text{NO}_2$ ) e MUT, esta última ocorrendo apenas para o sistema IATF\_Pasto, em que há formação de 30% da área pasto.

As emissões de  $\text{CH}_4$  e  $\text{NO}_2$  foram cerca de 13% maiores no sistema IATF\_Convencional, quando comparado com o sistema Convencional, e cerca de 12% maiores no sistema IATF\_Pasto, quando comparado com o sistema IATF\_Convencional. As emissões de MUT, presentes apenas no sistema IATF\_Pasto, acrescentaram mais 56% às emissões do sistema IATF\_Convencional.

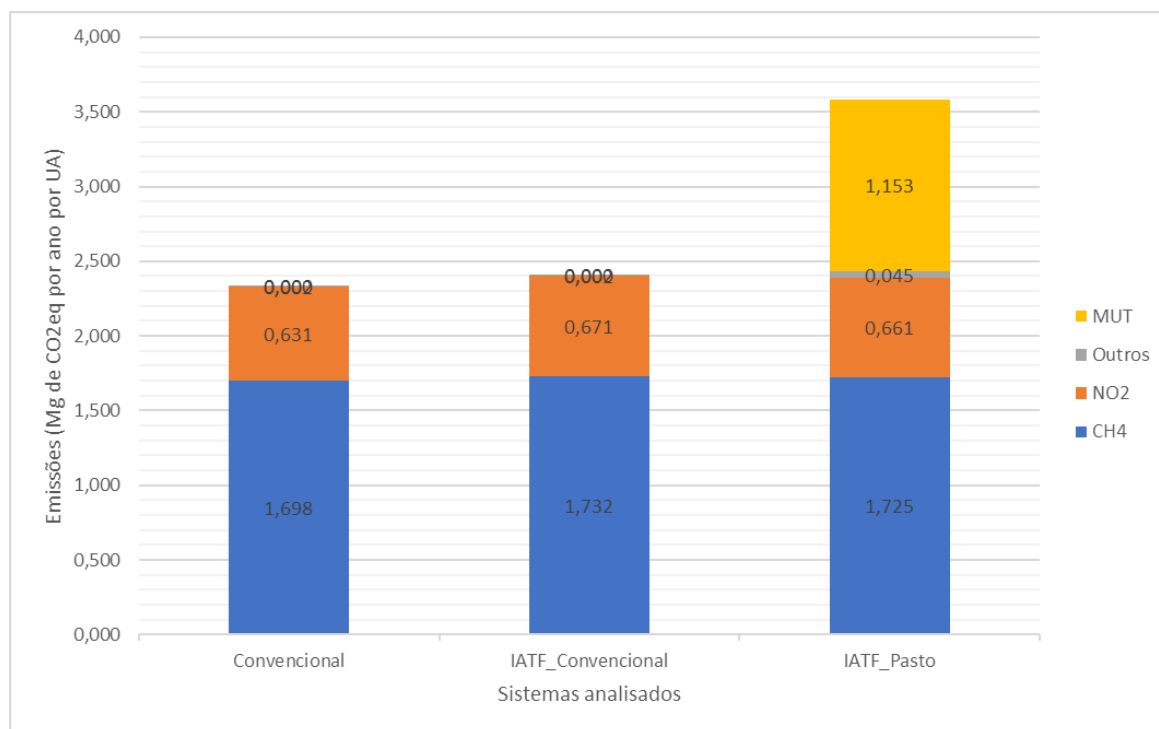
Excluindo o acréscimo de emissões por MUT, o aumento no restante das emissões é explicado pelo aumento do rebanho (1.639, 1.790, e 2.018 UA, respectivamente nos 3 sistemas) o que é confirmado pela Figura 2



**Figura 1.** Emissões totais de gases de efeito estufa (Mg de CO<sub>2</sub>eq por ano) para cada um dos três sistemas de produção analisados (Convencional, IATF\_Convencional, IATF\_Pasto), nas categorias de emissões mais relevantes: CH<sub>4</sub> entérico e fração (pequena) por decomposição de dejetos na pastagem; NO<sub>2</sub> biogênico (majoritariamente) pela decomposição de dejetos na pastagem; emissões estimadas em MUT (supressão de vegetação nativa e implantação de pasto cultivado) e Outros - operações agrícolas e seu uso de combustível fóssil, inclusive as necessárias para a reforma de pasto, e outras emissões diversas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Da Figura 2, percebe-se que as emissões por UA aumentam pouco mais de 3% com a introdução de IATF: de cerca de 2.329 kg CO<sub>2</sub>eq/UA no sistema Convencional para cerca de 2.403 CO<sub>2</sub>eq/UA no IATF\_Convencional. As emissões de MUT e Outros adicionadas ao sistema IATF\_Pasto são devidas à supressão de 30% da pastagem nativa e às operações agrícolas para a formação de pasto.

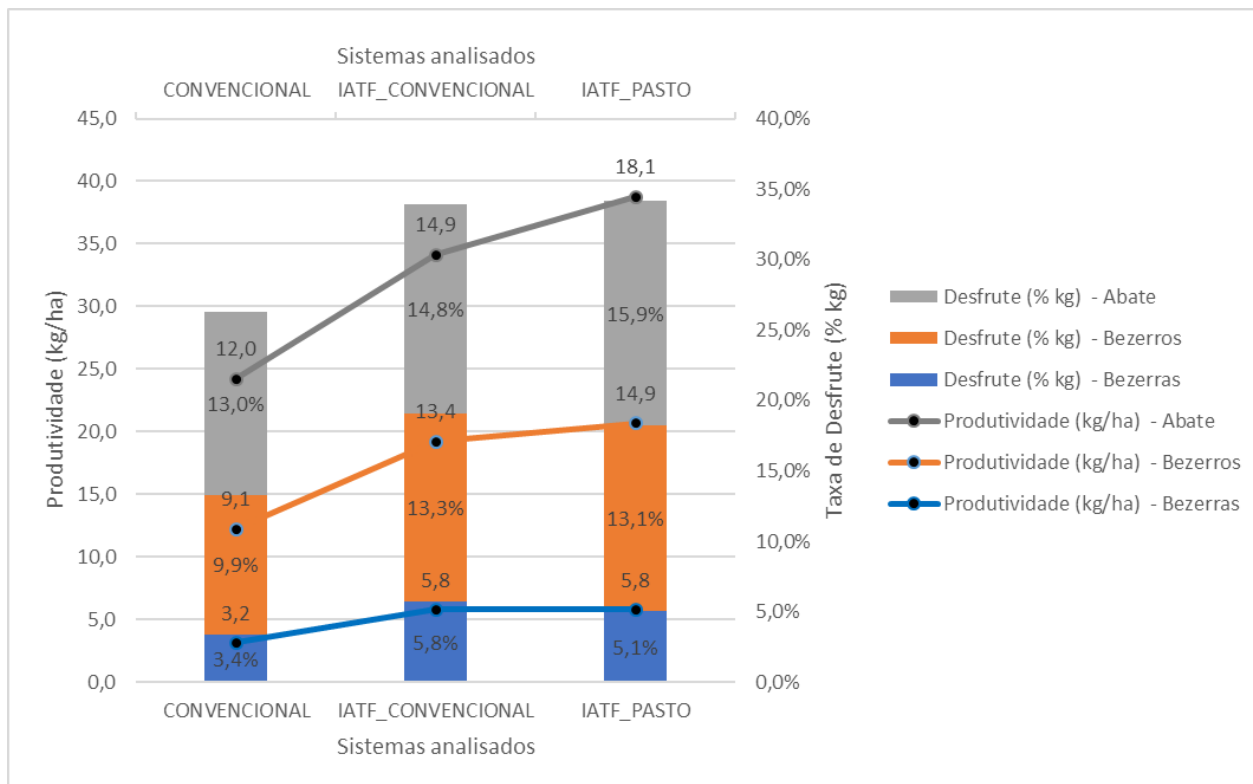


**Figura 2.** Emissões de gases de efeito estufa (Mg de CO<sub>2</sub>eq por ano por UA) do rebanho médio anual para cada um dos três sistemas de produção analisados (Convencional, IATF\_Convencional, IATF\_Pasto), nas categorias de emissões mais relevantes: CH<sub>4</sub> entérico e fração (pequena) por decomposição de dejetos na pastagem; NO<sub>2</sub> biogênico (majoritariamente) pela decomposição de dejetos na pastagem; emissões estimadas em MUT (supressão de vegetação nativa e implantação de pasto cultivado) e Outros - operações agrícolas e seu uso de combustível fóssil, inclusive as necessárias para a reforma de pasto, e outras emissões diversas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Da Figura 2, percebe-se que as emissões por UA aumentam pouco mais de 3% com a introdução de IATF: de cerca de 2.329 kg CO<sub>2</sub>eq/UA no sistema Convencional para cerca de 2.403 CO<sub>2</sub>eq/UA no IATF\_Convencional. As emissões de MUT e Outros adicionadas ao sistema IATF\_Pasto são devidas à supressão de 30% da pastagem nativa e às operações agrícolas para a formação de pasto.

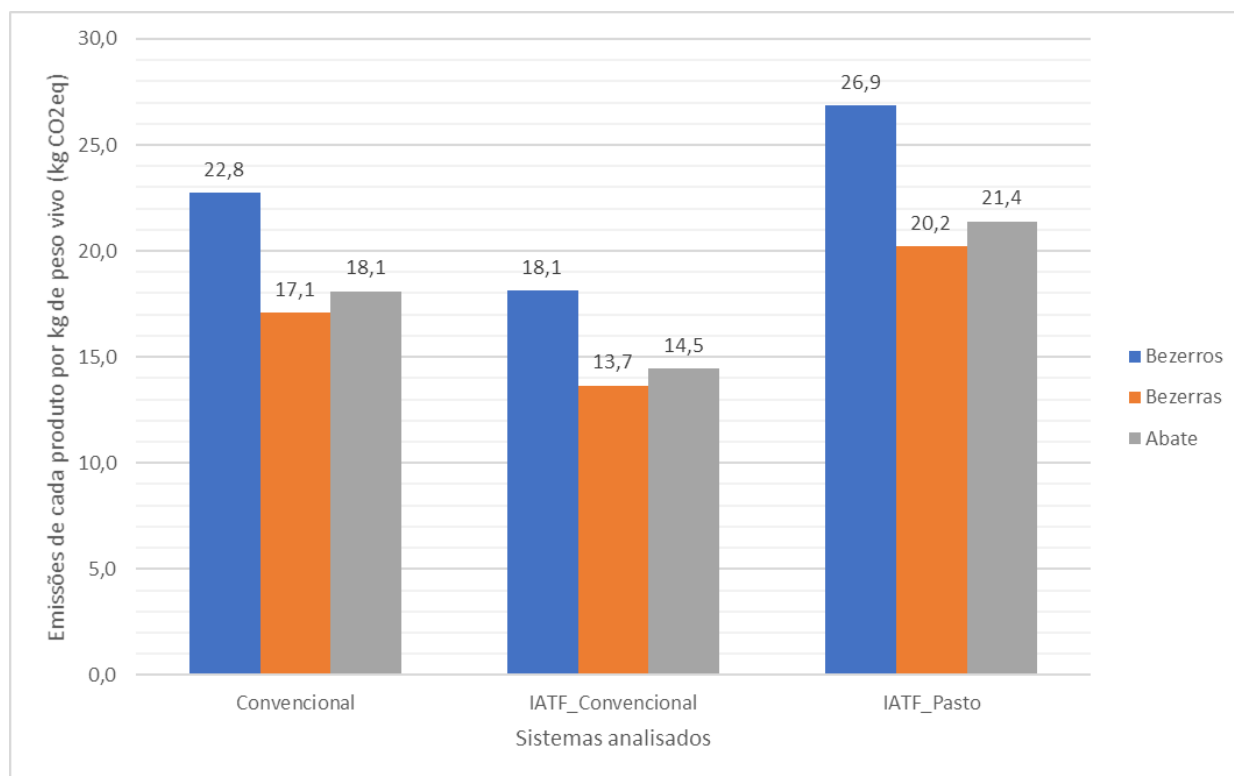
A Figura 3 apresenta as emissões por kg do produto bezerro desmamado. Para os três produtos (bezerros, bezerras, abate), as proporções entre emissões por kg de produto são as mesmas, variando apenas o total, por conta da alocação proporcional ao valor econômico (preço) relativo dos kg destes produtos, que foi a utilizada neste estudo, seguindo as diretrizes de Dias et al. (2018). A Figura 4 compara as emissões por kg de peso vivo das 3 categorias.



**Figura 3.** Emissões de gases de efeito estufa para o produto bezerro (kg de CO<sub>2</sub>eq por kg de peso vivo de bezerro desmamado) para cada um dos três sistemas de produção analisados (Convencional, IATF\_Convencional, IATF\_Pasto), nas categorias de emissões mais relevantes: CH<sub>4</sub> entérico e fração (pequena) por decomposição de dejetos na pastagem; NO<sub>2</sub> biogênico (majoritariamente) pela decomposição de dejetos na pastagem; emissões estimadas em MUT (supressão de vegetação nativa e implantação de pasto cultivado) e Outros - operações agrícolas e seu uso de combustível fóssil, inclusive as necessárias para a reforma de pasto, e outras emissões diversas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 3 apresenta as emissões por kg do produto bezerro desmamado. Para os três produtos (bezerros, bezerras, abate), as proporções entre emissões por kg de produto são as mesmas, variando apenas o total, por conta da alocação proporcional ao valor econômico (preço) relativo dos kg destes produtos, que foi a utilizada neste estudo, seguindo as diretrizes de Dias et al. (2018). A Figura 4 compara as emissões por kg de peso vivo das 3 categorias



**Figura 4.** Emissões totais de gases de efeito estufa para os produtos bezerro, bezerra e animais descartados para abate, vacas e touros (Mg de CO<sub>2</sub>eq por kg de peso vivo) para cada um dos três sistemas de produção analisados (Convencional, IATF\_Convencional, IATF\_Pasto).

Fonte: Elaborado pelos autores.

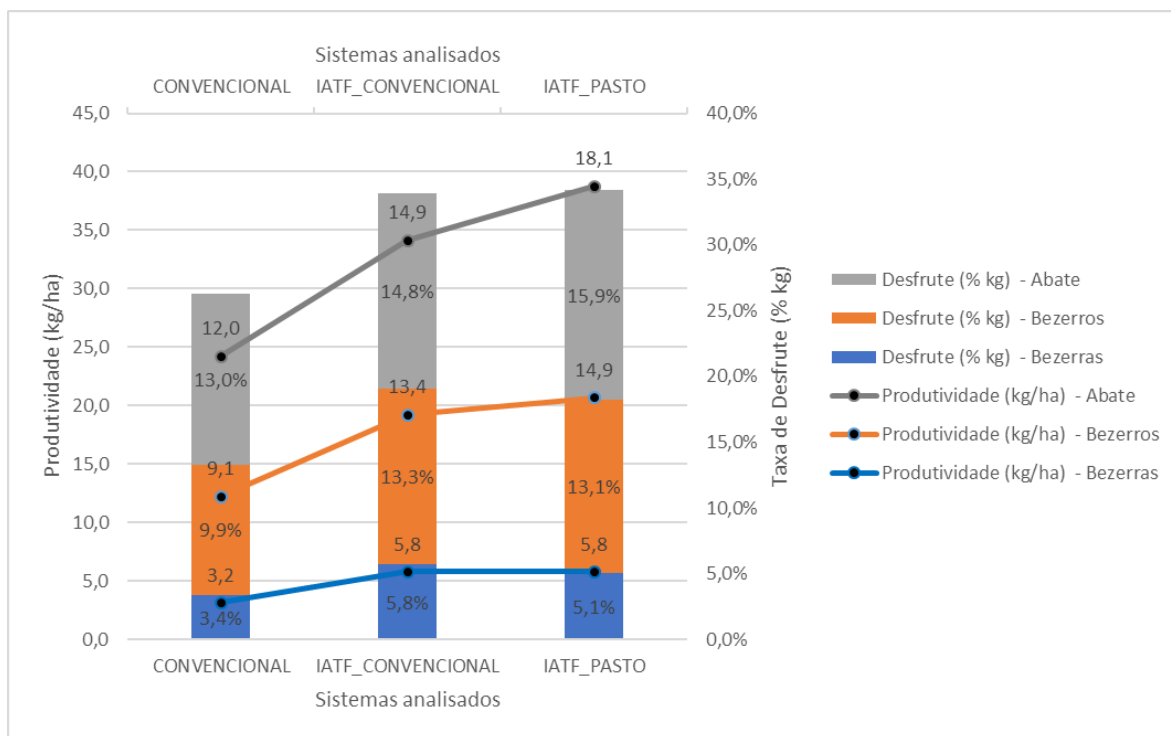
Como visto, quando se considera o sistema como um todo, o total de emissões aumentou com o uso de IATF (Figura 1) e quando se considera as emissões por rebanho em UA, este aumento foi pouco maior do que 3% (Figura 2). A intensidade de emissões por unidade de produto é, de fato, a que interessa sob a ótica de avaliação de ciclo de vida “do berço ao portão”, pois é a que melhor representa a vantagem ou desvantagem de um sistema de produção sobre outro no critério de emissão de gases de efeito estufa. A Figura 3 mostra que a adoção de IATF levou a uma redução de 20,3% da intensidade de emissão: de 3.648 para 2.912 kg CO<sub>2</sub>eq por bezerro desmamado que sai do sistema. Como as emissões são alocadas economicamente por kg de peso vivo do animal vendido, e os pesos médios por categoria de animal vendido são supostos os mesmos nos três sistemas, esta redução de 20,3% é a estimada também para bezerras desmamadas e gado descartado para abate, por kg de peso vivo ou por cabeça.<sup>3</sup>

Por outro lado, a Figura 3 também mostra que a adoção de pasto formado em um sistema que já emprega IATF não foi vantajosa sob o critério de emissão de gases de efeito estufa: Toda a emissão adicionada por MUT, operações e outros (8,0 kg CO<sub>2</sub>eq/kg peso vivo de bezerro) advinda da formação de pasto para o sistema IATF\_Pasto, não compensou a redução de cerca de 1,5% (0,3 kg CO<sub>2</sub>eq/kg peso vivo de bezerro) na intensidade de emissão de CH<sub>4</sub> e NO<sub>2</sub> medida por kg de produto, deixando como saldo um acréscimo de cerca de 48% na intensidade de emissão .

<sup>3</sup> Embora fazendas pantaneiras vendam bezerros e bezerras por cabeça, enquanto animais adultos para abate sejam vendidos por kg de peso vivo, a alocação econômica entre categorias animais foi feita por kg de peso vivo, de modo coerente com o critério adotado por Dias et al. (2018), critério revisado e aprovado como parte do processo de publicação em base de dados internacional de inventários de ciclo de vida ecoinvent. Esta mudança de cabeças para kg de peso vivo não afeta a comparação entre sistemas que é objeto do estudo, pois o peso de bezerros e bezerras vendidas foi suposto o mesmo nos três sistemas modelados.



A Figura 2 deixou claro que o emprego de IATF não reduz a quantidade de emissões por UA de rebanho. De onde, então, vem a redução da intensidade de emissão medida por kg de produto percebida na Figura 3? A Figura 5 ajuda a entender.



**Figura 5.** Produtividade e desfrute nos três sistemas analisados (Convencional, IATF\_Convencional, IATF\_Pasto). A produtividade é exibida nas linhas empilhadas, com valor acumulado dos três produtos, na escala à esquerda do gráfico, em kg de peso vivo total produzido (somando bezerros, bezerras e animais descartados para abate) por ha da área de pastagem. A taxa de desfrute é exibida nas colunas empilhadas, com valor acumulado dos três produtos, na escala à direita do gráfico, em % do kg de peso vivo produzido anualmente, por kg de peso vivo do rebanho médio do ano. Os rótulos de cada ponto ou coluna indicam o valor da produtividade ou desfrute para cada categoria animal.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As linhas do gráfico na Figura 5 mostram que a produtividade, medida em kg de produto por ha por ano, aumenta 41% com a introdução de IATF (de 24,2 para 34,1 kg/ha/ano) e em apenas 14%, com a introdução de pasto formado (de 34,1 para 38,8 kg/ha/ano). As colunas do gráfico na mesma Figura 5 mostram que a taxa de desfrute aumenta em 29% (de 0,263 para 0,339) com o uso de IATF e em apenas 0,9% com a formação de pasto (de 0,339 para 0,342).<sup>4</sup>

O termo “taxa de desfrute” é usado aqui com significado ligeiramente distinto do normalmente usado em publicações relacionadas à bovinocultura, inclusive da Embrapa. Enquanto aqui o termo representa a produção total em kg de peso vivo por ano dividida pelo peso vivo do rebanho, a taxa de desfrute normalmente usada é calculada em cabeças (Melo Filho; Queiroz, 2011). Os autores do presente estudo escolheram esta definição ajustada de “taxa de desfrute” porque o kg de peso vivo (ou UA) é melhor referência para comparar rebanhos no que tange a emissões animais e uso de área, do que “cabeças”, isto é, quantidade de animais de qualquer idade e peso. O termo “taxa de desfrute” foi mantido, apesar do significado ajustado, exatamente, para trazer esta questão à tona.

<sup>4</sup> As taxas de desfrute foram aqui apresentadas em frações, não em percentual (como está no gráfico), para não confundir com a variação percentual destas taxas.

A emissão por ano por UA do rebanho tem pouca variação entre os sistemas de produção analisados, portanto, a redução da intensidade de emissão de CH<sub>4</sub> e NO<sub>2</sub> por unidade de produto é explicada pelo aumento na taxa de desfrute. No sistema IATF\_Pasto, esta redução de emissão é em parte compensada pela emissão acrescentada pela mudança de uso da terra da reforma do pasto.

Dias et al. (2016) propuseram uma fórmula para o cálculo da intensidade de emissão de CO<sub>2</sub>eq por kg de carcaça produzido em sistemas de ciclo completo como o produto de 4 índices de desempenho ambiental ou zootécnico destes sistemas:

$$E = \frac{M \times C}{D \times R}$$

Onde:

*E*: intensidade de emissão de gases de efeito estufa, em kg CO<sub>2</sub>eq por kg de carcaça produzida

*M*: intensidade de emissão de gases de efeito estufa em kg CO<sub>2</sub>eq por kg de matéria seca consumida

*C*: consumo de matéria seca em kg de matéria seca consumida por ano por kg de peso vivo médio anual do rebanho

*D*: taxa de desfrute em kg de peso vivo médio anual do rebanho por kg de peso vivo produzido por ano

*R*: rendimento de carcaça em kg de peso vivo produzido por kg de carcaça

Dias et al. (2016) concluem que a taxa de desfrute foi a que mais contribuiu para a variação da intensidade de emissão entre sistemas, seguida pelo consumo de matéria seca, em um distante segundo lugar. Pouquíssima mudança foi explicada pela emissão como um fator proporcional ao consumo de matéria seca, ou pela variação do rendimento da carcaça. Estes resultados sugerem que há mais oportunidades para redução da intensidade de emissão por unidade de produto aumentando a taxa de desfrute, *ceteris paribus*. A taxa de desfrute pode ser melhorada através de taxas mais altas de nascimentos, taxas mais baixas de mortalidade, ciclos de produção mais curtos ou menos touros por vaca, resultados que podem ser obtidos pelo emprego de tecnologias como IATF. Os resultados do presente estudo apresentam redução de intensidade de emissões por unidade de produto conseguidas via uso de IATF, explicadas também pelo aumento da taxa de desfrute medida em kg de peso vivo produzido por kg de peso vivo médio do rebanho.

## Resultados e Discussão

### A formação de pasto e os impactos da mudança de uso da terra

Em estudos de ACV para a produção de bovinos de corte como o apresentado neste documento, a atividade agropecuária tem dentre os seus impactos a assim chamada “mudança de uso da terra” (MUT) que costuma cobrar caro em emissão de gases de efeito estufa, porque esta emissão é calculada a partir de uma estimativa do impacto do desmatamento direto ou indireto necessário para a liberação da área para a atividade.

No estudo presente, o impacto de MUT foi atribuído apenas à área de 30% da pastagem reformada para o sistema IATF\_Pasto, e calculado usando método desenvolvido considerando a realidade brasileira para a base de dados ecoinvent 3.6 (Dias et al., 2018), mas ainda assim, estes impactos foram importantes, como visto nos resultados.

Esta penalização da formação de pasto por MUT e a não penalização de uso de pastagem nativa traz vantagens comparativas em sistemas de cria pantaneiros que são baseados em pastagem nativa, contra os sistemas que aumentam a sua produtividade via formação de pasto, mas tanto a penalização quanto a não penalização estão sujeitas a discussão. Por exemplo, os métodos de avaliação de impacto de MUT disponíveis como padrão em bases de dados de inventários de ciclo de vida supõem impactos médios para desmatamentos em diversos tipos de paisagem, e talvez não sejam os mais adequados quando se trata de

substituição de pastagem nativa por pastagem plantada.

## **Modelos de sistemas de produção**

Os dados do sistema “Convencional” utilizados em Oliveira et al., 2015 que serviram de base para a elaboração dos modelos dos dois sistemas são de painéis realizados em 2009. O impacto do uso de IATF no desempenho zootécnico poderia ser avaliado em sistemas de cria mais modernos no Pantanal ou fora dele, e novos estudos de ACV poderiam ser realizados. O impacto do aumento da adoção de IATF e outras tecnologias nas emissões de GEE pelos sistemas de produção de bovinos de corte do Brasil poderia ser estimado a partir da disponibilização de novos modelos matemáticos de sistemas de produção que poderiam ser desenvolvidos a partir da identificação de sistemas típicos nos resultados do censo agropecuário IBGE de 2017.

## **Consumo de água**

Além da categoria Mudanças Climáticas, outra categoria de impacto importante para a produção de bovinos de corte é a categoria Depleção dos Recursos Naturais, mais especificamente, o consumo de água. Uma abordagem parecida com a do estudo aqui descrito pode estimar o impacto dos sistemas de produção típicos do Pantanal e do Brasil, e o impacto potencial do aumento da adoção de tecnologias como a IATF sobre o consumo de água. Como é razoável supor que o consumo de água por animais do rebanho é proporcional ao peso vivo dos animais, de modo semelhante às emissões animais, é razoável supor que uma redução do consumo de água por unidade de produto seja também conseguida via IATF, com o aumento da taxa de desfrute. Estudo específico para comprovar esta hipótese seria oportuno.

## **Considerações Finais**

Os resultados encontrados por este trabalho sugerem que em sistemas de cria no Pantanal, o aumento de rentabilidade obtido por uso de IATF encontrado por Oliveira et al. (2015) é acompanhado de redução de emissão de gases de efeito estufa por unidade de produto. Tanto o aumento da rentabilidade como a redução deste importante impacto ambiental são devidos ao aumento da taxa de desfrute que pode ser conseguida pelo emprego de IATF, usando-se uma taxa de desfrute aqui redefinida como a produção anual de kg de produto por UA ou kg do rebanho médio anual estabilizado. Concluiu-se também que o investimento em formação de pasto, embora aumente a rentabilidade, produtividade por área e taxa de desfrute, cobra um “preço” caro em impacto ambiental, por conta dos impactos da mudança de uso da terra e dos métodos padrão de estimativa hoje considerados pelos especialistas em ACV para o cálculo deste impacto, o qual não é totalmente compensado pela redução das emissões verificada pelo uso de IATF.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem aos colegas da Embrapa e instituições parceiras no Brasil e no exterior que contribuíram para o desenvolvimento dos conjuntos de dados para inventários de ciclo de vida e métodos regionalizados de cálculo de emissões recentemente publicados na base de dados Ecoinvent 3.6. Este estudo não seria possível sem os dados, métodos e inventários de ciclo de vida desenvolvidos e validados por especialistas naquele trabalho.

## Referências

- ABREU, U. G. P. de; BERGIER, I.; COSTA, F. P.; OLIVEIRA, L. O. F.; NOGUEIRA, E.; SILVA, J. C. B.; BATISTA, D. S. N.; SILVA JUNIOR, C. **Sistema intensivo de produção na região tropical brasileira: o caso do Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2018. 25p. (Embrapa Pantanal. Documentos, 155). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/174991/1/DOC-155-Urbano.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2019.
- BIOGRACE: **The BioGrace GHG calculation tool: a recognised voluntary scheme**. Versão 4d de 2015. Planilha "Standard vales". Disponível em: <[https://www.biograce.net/img/files/2015-05-12-161933BioGrace-I\\_GHG\\_calculation\\_tool\\_-\\_version\\_4d.zip](https://www.biograce.net/img/files/2015-05-12-161933BioGrace-I_GHG_calculation_tool_-_version_4d.zip)>. Acesso em 26 nov. 2019.
- DIAS, F. R. T.; MATSUURA, M. I. da S. F.; BARIONI, L. G.; FASIABEN, M. do C. R.; MOREIRA, J. M. M. A. P.; SENA, A. L. dos S.; SANTOS, J. C. dos; COSTA, F. P.; LAMPERT, V. do N.; OLIVEIRA, P. P. A.; PEDROSO, A. de F. Beef cattle CO<sub>2</sub>-e emission intensity as a product of performance ratios. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2, 2016. Campo Grande, MS. **Proceedings....** Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 37-41. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 216). Disponível em: <[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157663/1/Beef-Cattle-CO<sub>2</sub>.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157663/1/Beef-Cattle-CO2.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2019.
- DIAS, F. R. T.; PICOLI, J. F.; COSTA, F. P.; BUNGENSTAB, D. J.; MATSUURA, M. I. da S. F. **Life cycle inventories for beef cattle in Brazil**. In: MATSUURA, M. I. S. F.; PICOLI, J. F. (Org). Life cycle inventories of agriculture, forestry and animal husbandry - Brazil. Zürich: Ecoinvent Association, 2018. p. 106-122. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/203789/1/LCI-Agriculture-2018.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019
- IBGE. Sistema Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de Recuperação Automática – SIDRA. **Produção da pecuária municipal**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2018>>. Acesso em: 14 out. 2019.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14040: 2006**. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. 2006. 28 p. ISO/TC 207/SC 5.
- MELO FILHO, G. A. de; QUEIROZ, H. P. de (Ed.). **Gado de corte: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2011. p. 41. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/920741/1/500perguntasgadodecorte.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2019.
- NOGUEIRA E.; SILVA, J. C. B.; SILVA, M. R.; SILVA, A. S.; RODRIGUES, W. B.; BEZERRA A. O.; JARA J. P.; SILVA K. C.; ANACHE N. A. **IATF + CIO: estratégia prática de avaliação de cio e aumento de prenhez**. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2016. 8p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 113). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/157420/1/CT113.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2019.
- NOVAES, R. M. L.; PAZIANOTTO, R. A. A.; BRANDÃO, M.; ALVES, B. J. R.; MAY, A.; MATSUURA, M. I. da S. F. Estimating 20-year land-use change and derived CO<sub>2</sub> emissions associated to crops, pasture and forestry in Brazil and each of its 27 states. **Global Change Biology**, v. 23, n. 9, p. 3716-3728, 2017.
- OLIVEIRA, L. O. F.; ABREU, U. G. P.; DIAS, F. R. T.; FERNANDES, F. A.; NOGUEIRA, E.; SILVA J. C. B. **Estimativa da população de bovinos no Pantanal por meio de modelos temáticos e índices tradicionais**. Corumbá: Embrapa Pantanal. 2016. 11p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 99). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/149610/1/COT99.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2019.
- OLIVEIRA, L. O. F. de; NOGUEIRA, E.; GRI, A. L. da S.; SILVA, J. C. B.; RODRIGUES, W. B.; ABREU, U. G. P. de. Simulations of economic results with the use of FTAI in cow-calf farm in the Pantanal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 52. 2015. Belo Horizonte. Zootecnia: otimizando recursos e potencialidades, **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2015. p. 1-3.

SILVA, J. C. B.; SILVA, M. R.; RESENDE, A. O.; SAMPAIO, D. C.; NOGUEIRA E.; ABREU U. G. P.; OLIVEIRA, L. O. F.; SARTORI FILHO R. **Sêmen bovino refrigerado e aumento de prenhez de vacas de corte submetidas à IATF.** Corumbá: Embrapa Pantanal. 2017. 9p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 114). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/169514/1/CT-114.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2019.



---

*Pantanal*



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



CGPE 15740