

PROJETO PARANÁ CLIMA/2020

**SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA
DO ESTADO DO ESTADO DO PARANÁ**



**RELATÓRIO DE REFERÊNCIA DO SUBSETOR FERMENTAÇÃO
ENTÉRICA (3.A.1) DO SETOR DE AFOLU**

Versão de março de 2023

SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO PARANÁ

SUBSETOR FERMENTAÇÃO ENTÉRICA (3.A.1) DO SETOR DE AFOLU

Carlos Massa Ratinho Junior

Governador do Estado do Paraná

Valdemar Bernardo Jorge

Secretário de Estado do Desenvolvimento Sustentável

Louise da Costa e Silva Garnica

Diretora Geral da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável

Eduardo Alvim Leite

Diretor-Presidente do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná

Everton Luiz da Costa Souza

Diretor-Presidente do Instituto Água e Terra

Christiano Pires de Campos

Coordenador do Segundo Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Paraná (SIMEPAR)

Equipe Técnica SIMEPAR:

Eng Christiano Pires de Campos (Pesquisador, D.Sc.)

Eng Nayana Machado (Pesquisadora, M.Sc.)

Instituição colaboradora

ESALQ - Biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

Aviso

Com base nas diretrizes metodológicas de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas este documento apresenta os cálculos aplicados para atualizar as estimativas de emissões estaduais que serviram de subsídios para elaboração do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, atendendo o artigo 13 da Política Estadual de Mudança do Clima estabelecida na lei 17.133/2012. Neste trabalho, foram consideradas, na medida do possível, informações oficiais públicas para o período de 2005 a 2019.

Todas as indicações, dados e resultados desse estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). A Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo (SEDEST), o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR) ou o(s) autor(es) não podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.

Os resultados, as interpretações, as recomendações, as estimativas e as conclusões expressas neste estudo são de responsabilidade dos autores, não refletindo a opinião da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo, nem de outros órgãos do governo participantes e consultados para elaboração deste estudo.

SUMÁRIO

1. Introdução	1
2. Metodologia	1
2.1. Cálculo das emissões	3
2.2. Dados de atividade	3
2.2.1. População de bovinos	3
2.2.2. População de bovinocultura leiteira	6
2.2.3. População de outras categorias animais	6
2.3. Fatores de emissão e outros parâmetros	7
2.3.1. Parâmetros e fatores de emissão da bovinocultura de corte	7
2.3.2. Parâmetros e fatores de emissão da bovinocultura de leite	8
2.3.3. Parâmetros e fatores de emissão de outras categorias animais	9
3. Resultados	10
3.1. Comparação com outras estimativas	12
3.2. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário	13
4. Referências	15

1. Introdução

Este documento tem como objetivo a apresentação da metodologia de cálculo das emissões de gases de efeito estufa do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica como parte integrante das atividades emissoras consideradas para o setor AFOLU (Agricultura Floresta e Uso do Solo) para o Segundo Inventário Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná para o período de 2005 e 2019.

Neste documento são descritas as fórmulas, dados de atividades, fatores de emissão e apresentação dos resultados. Bem como, uma breve comparação do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2INVPR) com os valores obtidos em outros documentos que também estimam as emissões estaduais no Paraná: 1º Inventário de Emissões de GEE do Paraná (2005-2012) (1INVPR, 2012), (SEMA, 2014), estimativas estaduais apresentadas no Relatório de Referência do Setor AFOLU da 4ª Comunicação Nacional (2005-2016) (MCTI, 2020a) e das estimativas estaduais apresentadas na Nota Metodológica do Setor Agropecuário (versão 8) do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2005-2019) (SEEG, 2021).

2. Metodologia

As emissões estimadas foram baseadas nas diretrizes propostas nos Guias para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2006). Referente aos dados de atividade da subcategoria **3.A.1 Fermentação Entérica** foram considerados os rebanhos de: bovinos (corte e leite), suínos, ovinos, caprinos, asininos, muares, equinos, e bubalinos, pois são as categorias atendidas no Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (2020). As emissões do processo de fermentação entérica são de gás metano (CH_4). De acordo com o IPCC, a complexidade metodológica dos cálculos de emissões pode ser fornecida em três níveis. Tier 1, o método genérico, Tier 2 intermediário e Tier 3 o mais detalhado e específico para as condições nacionais. A **Tabela 01** traz um detalhamento da classificação do Tier e do tipo de gás considerado de acordo com cada tipo de rebanho.

Tabela 01. Lista dos gases de efeito estufa e Tier utilizados para calcular as emissões do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica no Segundo Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná.

Subsetor/Categoria IPCC		Gases e Tiers inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3.A	Fermentação Entérica			
3.A.1	Bovinos	N.A.	2	N.A.
3.A.1.a	Bovinos de corte	N.A.	2	N.A.
3.A.1.a.i	Touros > 2 anos	N.A.	2	N.A.
3.A.1.a.ii	Machos de corte > 2 anos (não confinados)	N.A.	2	N.A.
3.A.1.a.iii	Fêmeas de corte > 2 anos (não confinadas)	N.A.	2	N.A.
3.A.1.a.iv	Outros animais > 2 anos (confinados)	N.A.	2	N.A.
3.A.1.a.v	Bovinos < 1 ano	N.A.	2	N.A.
3.A.1.a.vi	Bovinos > 1 ano < 2 anos	N.A.	2	N.A.
3.A.1.b	Bovinos de leite	N.A.	2	N.A.
3.A.1.b.i	Alta produção	N.A.	2	N.A.
3.A.1.b.ii	Baixa produção	N.A.	2	N.A.
3.A.2	Ovinos	N.A.	1	N.A.
3.A.3	Suínos	N.A.	1	N.A.
3.A.3.a	Suínos Aleitamento/Creche	N.A.	1	N.A.
3.A.3.b	Suínos Engorda	N.A.	1	N.A.
3.A.3.c	Suínos Reprodutores	N.A.	1	N.A.
3.A.4	Outros animais	N.A.	1	N.A.
3.A.4.a	Bubalinos	N.A.	1	N.A.
3.A.4.b	Caprinos	N.A.	1	N.A.
3.A.4.c	Equinos	N.A.	1	N.A.
3.A.4.d	Muares	N.A.	1	N.A.
3.A.4.e	Asininos	N.A.	1	N.A.

N.A. - Não Aplicável; N.O. - Não Ocorre.

2.1. Cálculo das emissões

Para calcular as emissões do subsetor **3.A.1 Fermentação Entérica** foi utilizado o Volume 4, Capítulo 10, do Guia Metodológico do IPCC (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.4, C.10, Livestock). A equação utilizada está descrita a seguir:

Emissão em Gg de CH ₄ = (EFT _(T) × N _(T)) / 10 ⁶	Eq. (01)	Equação 10.19, Cap.10, Volume 4.(IPCC, 2006)
---	----------	--

Onde:

EFT_(T) = Fator de emissão para população pecuária definida, kg CH₄ cabeça⁻¹ ano⁻¹;

N_(T) = Número de cabeças, unidade;

T = Espécie/categoria animal pecuária.

Foram aplicados os fatores de emissão anuais utilizados no Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a) para o cálculo de emissões da subcategoria **3.A.1 Fermentação Entérica** para o estado do Paraná. Desta forma foram otimizadas as etapas de cálculo de outras variáveis mais complexas como os valores de ingestão de energia, energia líquida de manutenção, energia líquida de atividade, energia líquida para crescimento, entre outras variáveis relacionadas à procriação e taxas de energia digestível. Os valores apresentados são respectivos aos anos de análise no período de 2005-2019.

2.2. Dados de atividade

O principal dado de atividade utilizado na estimativa das emissões do subsetor **3.A.1 Fermentação Entérica** é a população animal. A obtenção dos dados populacionais foi realizada com as informações disponíveis no Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, da Produção da Pecuária Municipal - PPM (IBGE, 2019) através do link <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. São disponibilizadas informações estatísticas anuais sobre efetivos de rebanhos municipais no estado do Paraná e produtos de origem animal.

2.2.1. População de bovinos

A população de bovinos foi categorizada da mesma forma proposta pelo Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a), inclusive as proporções estaduais populacionais entre as categorias. Sendo assim o rebanho de bovino de corte foi segregado em "Bovinos menores de 1 ano", "Bovinos entre 1 e 2 anos", "Touros", "Bovinos corte não confinados",

“Bovinos corte confinados”, “Vacas leiteiras não confinadas” e “Vacas leiteiras confinadas” como apresenta a **Tabela 02**.

Tabela 02. Fração aplicada ao efetivo de bovino no Paraná.

Ano	Menor que 1 ano	Entre 1 e 2 anos	Touros	Acima de 2 anos			
				Bovinos corte não confinados ^a	Bovinos corte confinados ^b	Vacas leiteiras não confinadas ^c	Vacas leiteiras confinadas ^d
2005	0,22	0,26	0,02	0,23	0,0093	0,13	0,13
2006	0,22	0,26	0,02	0,23	0,0093	0,12	0,14
2007	0,22	0,26	0,02	0,23	0,0108	0,12	0,14
2008	0,22	0,26	0,02	0,23	0,0125	0,12	0,14
2009	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0120	0,12	0,16
2010	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0116	0,12	0,16
2011	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0127	0,11	0,17
2012	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0138	0,11	0,17
2013	0,22	0,26	0,02	0,20	0,0152	0,11	0,18
2014	0,22	0,26	0,02	0,19	0,0159	0,10	0,19
2015	0,22	0,26	0,02	0,20	0,0116	0,11	0,18
2016	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0094	0,11	0,17
2017	0,22	0,26	0,02	0,22	0,0128	0,12	0,15
2018	0,22	0,26	0,02	0,22	0,0137	0,12	0,15
2019	0,22	0,26	0,02	0,22	0,0166	0,12	0,15

^a Proporção obtida a partir da análise da população de bovino do leite em relação a população total de bovinos das estatísticas da PPM para os municípios do estado do Paraná.

^b Valores obtidos dos Relatório Estatísticos da Anualpec (2005-2019).

^c Proporções obtidas do Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (2020b).

^d Proporções obtidas a partir da Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2019).

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a); Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2019); Relatórios Estatísticos da Anualpec (2005-2019).

Para categorizar a população de bovinos, primeiramente subtraiu-se da população do bovino leiteiro do rebanho total do estado da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) do Banco de Dados Estaduais (BDEweb) e aplicou-se as proporções dos rebanhos com base na idade dos animais. Estas frações foram obtidas da Tabela 06 “Fração aplicada ao efetivo de bovinos totais de cada UF, para obtenção das populações das categorias “Bovinos menores que 1 ano”, “Bovinos entre 1 e 2 anos”, “Touros” e “outros bovinos maiores que 2 anos” do Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a).

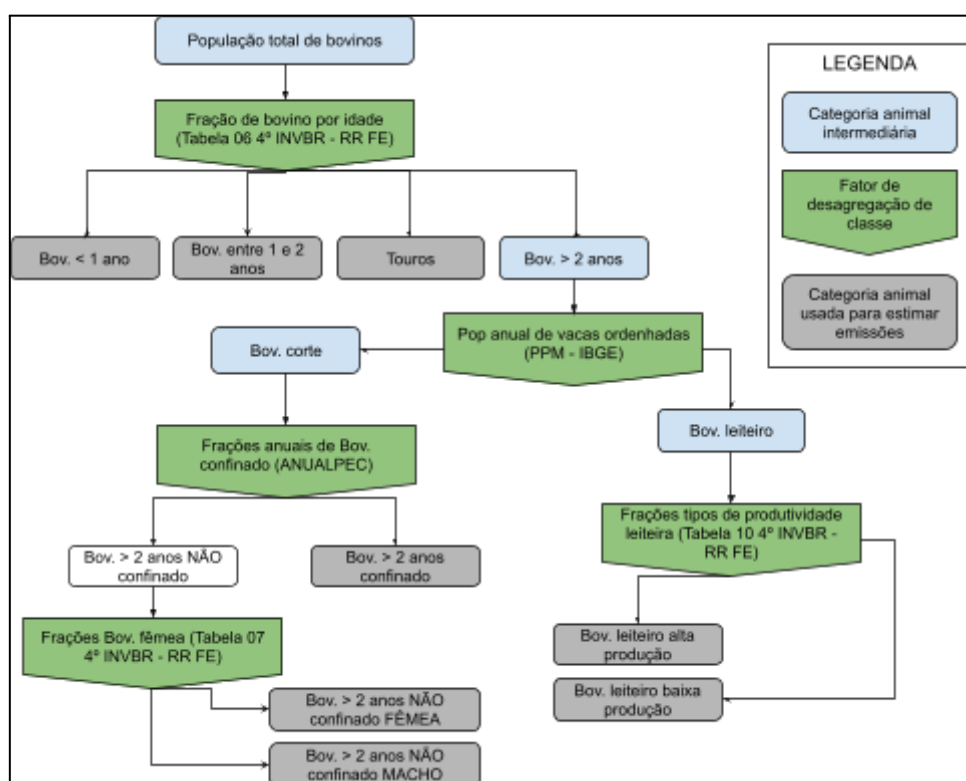
Em seguida, subdividiu-se os rebanhos de animais do tipo "maior que 2 anos" entre “Bovinos corte não confinados”, “Bovinos corte confinados”, “Vacas leiteiras não confinadas” e “Vacas leiteiras confinadas”.

Nesta etapa, a primeira fração definida foram das “Vacac leiteiras confinadas”, determinada a partir dos valores obtidos da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) no Banco de Dados Estaduais (BDEweb) referente proporção anual estadual entre a população total de bovinos (corte e leite) e a população somente de bovino de leite. Desta forma, foram inferidas as proporções anuais de rebanho de bovino leiteiro (“Vacac leiteiras confinadas”).

Após definir o número de cabeças de bovino de corte no estado, a próxima segregação considerou o número estadual de cabeças de bovinos confinados. As proporções de “Bovino de corte confinado” foram obtidas do Anuário da Pecuária Brasileira (ANUALPEC) disponíveis na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).

Por fim, a última segregação foi realizada para determinar as proporções entre “Bovinos corte não confinados” e “Vacac leiteiras não confinadas”. Para diferenciar machos e fêmeas não confinados da categoria “maior que 2 anos”, foram mantidas as proporções estaduais apresentadas na Tabela 07 “Fração de fêmeas de bovinos de corte, maiores que 2 anos” do Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (2020). A **Figura 01** apresenta o resumo dos métodos aplicados para classificação das categorias de bovino.

Figura 01. Fluxograma da metodologia de desagregação de classes de bovino.



Fonte: Adaptado do Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a).

2.2.2. População de bovinocultura leiteira

Os dados de população dos bovinos leiteiros também foram extraídos da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) para o estado do Paraná (IBGE, 2019).

Nesse sentido foram obtidas tabelas da população de vacas ordenhadas do período de 2005 a 2019 segregadas por municípios. A fração da população de vacas leiteiras foi obtida do valor médio de tal proporção analisada da população total do rebanho bovino disponibilizada anualmente pelo IBGE. As proporções foram consideradas as mesmas para todo o período inventariado.

Assim como procede no Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a), a população de vacas leiteiras foi subdividida em alta e baixa produção, segundo as recomendações sugeridas pelas Guias do IPCC. Para os cálculos das emissões estaduais, foram consideradas as médias nacionais de cada subdivisão para o período entre 2005 e 2019 apresentadas pelo Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica (2020). O valor de 2.000 kg/vaca ordenhada/ano foi considerado o limite divisor entre as populações de alta e baixa produtividade. Esta subdivisão é proposta pois animais com produtividade alta possuem dieta mais nutritiva (IPCC, 2006), a digestibilidade da dieta disponível tem impacto direto na emissão de metano entérico, relacionando-se com a qualidade do alimento e o manejo nutricional empregado.

2.2.3. População de outras categorias animais

As populações de suínos, bubalinos, ovinos, caprinos, equinos, muares e asininos entre os anos de 2005 a 2019 foram extraídas do Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, da Produção da Pecuária Municipal - PPM (IBGE, 2019).

Os rebanhos de muares e asininos deixaram de ser pesquisados a partir do ano de 2013, devido à ausência de fontes de informações e de registros administrativos para subsidiar as estimativas, bem como a redução da importância econômica de asininos e muares na produção pecuária, substituídos por motocicletas e máquinas agrícolas para o transporte de cargas e de pessoas e para a tração de implementos agrícolas (MCTI, 2020a), desta forma as emissões destas espécies não foram consideradas para os anos posteriores.

2.3. Fatores de emissão e outros parâmetros

2.3.1. Parâmetros e fatores de emissão da bovinocultura de corte

Os fatores de emissão da bovinocultura de corte seguiram a categorização adotada para as frações populacionais (Touros > 2 anos, Machos Corte > 2 anos não confinados, Fêmeas Corte > 2 anos não confinadas, Outros > 2 anos confinados, Bovinos < 1 ano e 1 ano < Bovinos < 2 anos).

Para otimizar os cálculos das estimativas estaduais foi calculado um fator de emissão anual, considerando a categoria do bovino de corte e seus respectivos fatores de emissão para aquele ano de acordo com os valores disponibilizados pelo Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (2020). Sendo assim, o fator de emissão médio para o ano de 2005 foi o somatório das multiplicações da fração de cada categoria de rebanho por seus respectivos fatores de emissão.

O procedimento foi reaplicado para todos os anos até 2016, e os resultados deste último ano foram repetidos para os anos de 2017, 2018 e 2019 devido a falta de dados atualizados disponíveis. Os resultados dos fatores de emissão médio para cada tipo de categoria de rebanho de corte para cada ano estão apresentados na **Tabela 03**.

Tabela 03. Fatores de emissão médio para o bovino de corte.

ano	3.A.1.a.v		3.A.1.a.vi		3.A.1.a.i		3.A.1.a.ii		3.A.1.a.iii		3.A.1.a.iv		3.A
	pop <1 (%)	FE <1	pop >1<2 (%)	Fe >1<2	pop touro (%)	FE touro	pop macho >2 livre (%)	FE macho >2 livre	pop fêmea >2 livre (%)	FE fêmea >2 Livre	pop >2 conf. (%)	FE >2 conf.	FE med por ano
2005	0,22	36	0,26	56	0,02	75	0,23	66	0,13	79	0,0093	64	57,50
2006	0,22	36	0,26	56	0,02	75	0,23	66	0,12	80	0,0093	64	57,49
2007	0,22	35	0,26	54	0,02	73	0,23	64	0,12	79	0,0108	63	55,89
2008	0,22	35	0,26	54	0,02	73	0,23	65	0,12	80	0,0125	64	56,30
2009	0,22	35	0,26	54	0,02	73	0,21	65	0,12	80	0,0120	64	55,97
2010	0,22	35	0,26	54	0,02	73	0,21	65	0,12	81	0,0116	64	56,11
2011	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,21	64	0,11	80	0,0127	63	54,59
2012	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,21	63	0,11	79	0,0138	62	54,18
2013	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,20	63	0,11	78	0,0152	62	53,87
2014	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,19	63	0,10	78	0,0159	62	53,68
2015	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,20	64	0,11	79	0,0116	63	54,28
2016	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,21	64	0,11	79	0,0094	63	54,48
2017	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,22	64	0,12	79	0,0128	63	54,80
2018	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,22	64	0,12	79	0,0137	63	54,80
2019	0,22	34	0,26	52	0,02	71	0,22	64	0,12	79	0,0166	63	54,77

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a); Relatório Estatísticos da Anualpec (2005-2019).

2.3.2. Parâmetros e fatores de emissão da bovinocultura de leite

Para realizar a estimativa de emissões pela Fermentação Entérica de bovinos leiteiros, foram consideradas as proporções de produtividade e os respectivos fatores de emissão propostos pelo Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (2020). Desta forma foi possível calcular um fator de emissão médio para cada ano considerando as devidas proporções entre a população de alta e baixa produtividade. A **Tabela 04** apresenta o resumo dos valores usados nos cálculos dos fatores de emissões anuais nacionais. Os anos de 2017, 2018 e 2019 repetiram os valores de 2016.

Tabela 04. Frações e fatores de emissão médio para rebanho de bovino leiteiro.

ano	% pop bovino corte	% pop bovino leiteiro	% alta (3.A.1.b.i)	% baixa (3.A.1.b.ii)	FE Alta (3.A.1.b.i)	FE Baixa (3.A.1.b.ii)	FE med
2005	0,87	0,13	0,12	0,88	97	96	96,12
2006	0,87	0,13	0,13	0,87	96	96	96,00
2007	0,87	0,13	0,14	0,86	94	93	93,14
2008	0,87	0,13	0,16	0,84	94	93	93,16
2009	0,87	0,13	0,16	0,84	97	92	92,80
2010	0,87	0,13	0,17	0,83	98	93	93,85
2011	0,87	0,13	0,18	0,82	94	90	90,71
2012	0,87	0,13	0,19	0,81	94	90	90,78
2013	0,87	0,13	0,22	0,78	93	90	90,65
2014	0,87	0,13	0,23	0,77	93	90	90,69
2015	0,87	0,13	0,27	0,74	94	91	91,80
2016	0,87	0,13	0,29	0,71	96	91	92,44
2017	0,87	0,13	0,29	0,71	96	91	92,44
2018	0,87	0,13	0,29	0,71	96	91	92,44
2019	0,87	0,13	0,29	0,71	96	91	92,44

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a).

2.3.3. Parâmetros e fatores de emissão de outras categorias animais

Para as outras espécies animais, tais como suínos, búfalos, ovinos, caprinos, equinos, muares e asininos, foram utilizados fatores de emissão de metano entérico, preestabelecidos para cada grupamento animal, indicados como “default” pelo IPCC, para países em desenvolvimento (IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10, Seção 10.2 e anexo 10A.1 - Tabela 10.10). A **Tabela 05** elenca os fatores de emissão aplicados para cada tipo de rebanho.

Tabela 05. Fatores de emissão médio para outros rebanhos.

Rebanho	Fator de emissão (kg CH ₄ cabeça -1 ano -1)
Búfalo	55
Ovelha	5
Cabras	5
Cavalos	18
Mulas e burros	10
Suíno	1

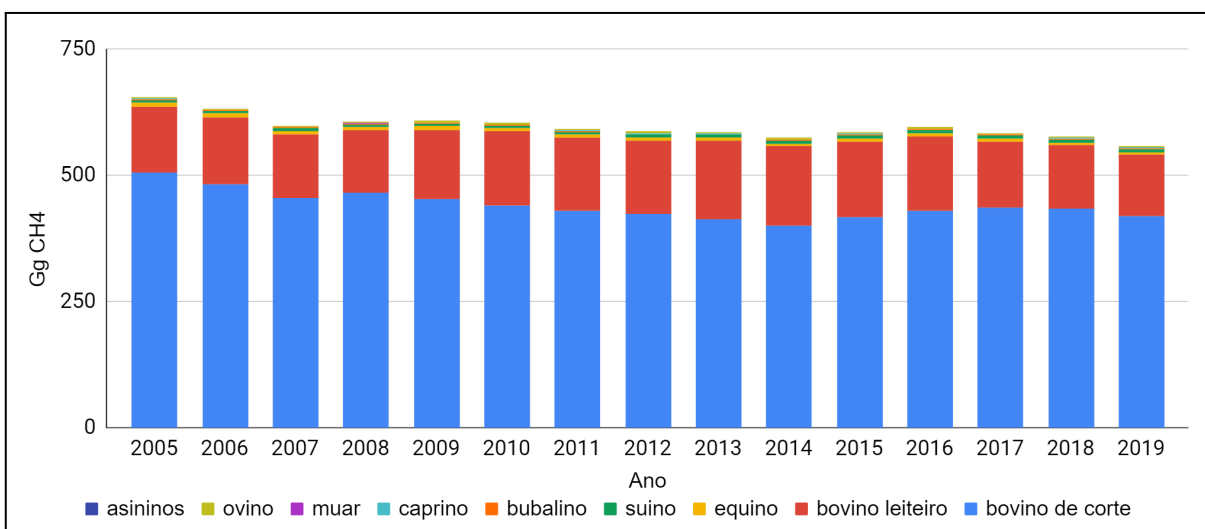
Fonte: IPCC, 2006, Vol. 4, Cap. 10, Seção 10.2 e anexo 10A.1 - Tabela 10.10.

3. Resultados

Em 2019, as emissões estaduais do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica totalizaram 557,86 Gg CH₄, com um decréscimo de cerca de 10,41% na variação entre os anos de 2005 e 2012 e de 4,87% entre 2012 a 2019. Este decréscimo de emissões está diretamente relacionado com a redução da população animal neste período, principalmente quando levados em consideração os animais que compõem as categorias da bovinocultura de corte no estado.

Em termos de emissão pelas categorias de animais, a partir do **Gráfico 01**, é possível observar que a categoria animal que mais contribui para as emissões de CH₄ durante todos o período foram do bovino de corte, com emissão de 419,89 Gg CH₄ em 2019 e uma redução de 16,94% e 0,62%, se comparado com os anos de 2005 e 2012, respectivamente. A segunda categoria que mais contribuiu foram os bovinos leiteiros, com emissão de 120,66 Gg CH₄ em 2019, seguido pelas outras categorias animais que têm pouca representatividade nas emissões. A **Tabela 06** resume as emissões por tipo de rebanho ao longo do período.

Gráfico 01. Resultados das Emissões Estaduais do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica de acordo com o tipo do animal e o ano.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Tabela 06. Resultados das Emissões Estaduais (Gg CH₄) do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica de acordo com o tipo do animal e o ano.

Ano	Bovino de corte	Bovino leiteiro	Equino	Suíno	Bubalino	Caprino	Muar	Ovino	Asininos	Total PR
2005	505,52	130,89	7,67	4,55	2,21	0,57	0,54	2,56	0,03	654,54
2006	481,83	132,80	7,44	4,49	1,95	0,62	0,52	2,59	0,03	632,27
2007	455,09	125,95	7,00	4,74	1,84	0,71	0,48	2,66	0,02	598,48
2008	464,70	124,06	7,08	4,63	1,54	0,84	0,45	2,90	0,02	606,21
2009	451,84	138,20	6,69	5,11	1,51	0,90	0,44	3,00	0,02	607,70
2010	441,08	145,50	6,15	5,10	1,53	0,90	0,42	3,07	0,02	603,76
2011	430,55	144,11	5,97	5,45	1,46	0,93	0,40	3,22	0,02	592,10
2012	422,50	146,69	5,87	5,52	1,35	0,88	0,39	3,19	0,02	586,40
2013	413,70	155,53	5,63	5,32	1,47	0,82	0,00	3,20	0,00	585,67
2014	400,22	156,52	5,43	6,39	1,54	0,82	0,00	3,25	0,00	574,18
2015	416,54	150,64	5,41	7,13	1,53	0,76	0,00	3,07	0,00	585,10
2016	429,78	147,83	5,34	7,09	1,56	0,70	0,00	2,98	0,00	595,28
2017	435,61	131,36	5,05	6,89	1,68	0,61	0,00	2,81	0,00	584,02
2018	433,97	125,36	5,08	6,89	1,82	0,58	0,00	2,79	0,00	576,49
2019	419,89	120,66	5,06	6,84	1,95	0,52	0,00	2,94	0,00	557,86

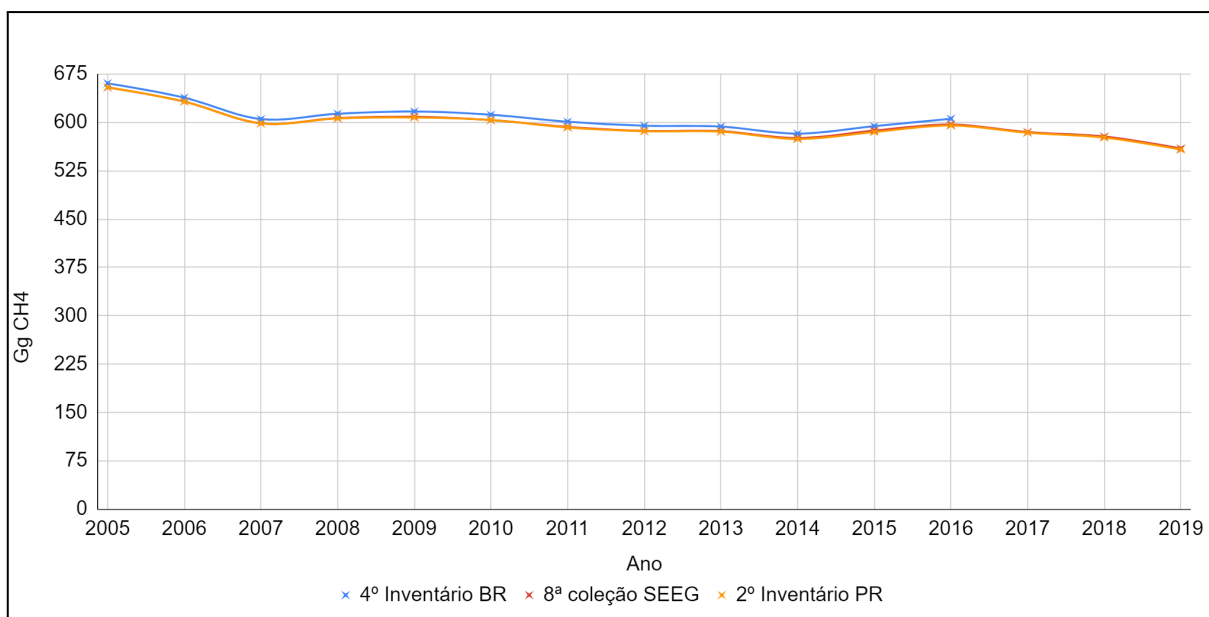
Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

De acordo com o Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (2020), houve um decréscimo dos fatores de emissão de CH₄ na variação entre os anos e também alterações de metodologia propostas pelo guia do IPCC (IPCC, 2006), com o refinamento dos dados descritos no relatório brasileiro. Outros fatores que influenciam essas emissões são a taxa de digestibilidade e o peso animal, que exercem grande influência na quantidade de metano entérico emitida. “Desta maneira, a busca pela intensificação da produção é uma saída para se alcançar uma estabilização ou diminuição dessas emissões. Um exemplo dessa evolução foi o melhor aproveitamento da alimentação animal em termos de digestibilidade com o passar dos anos no Brasil, o que mostra um aumento na produtividade nacional” (MCTI, 2020a).

3.1. Comparação com outras estimativas

Os resultados de emissão foram comparados com as estimativas nacionais apresentadas no Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a) e na Nota Metodológica do Setor Agropecuário 8ª Coleção do Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2021). O **Gráfico 02** apresenta a comparação gráfica entre os resultados estimados das emissões de Gg CH₄.

Gráfico 02. Comparação entre estimativas do Quarto Inventário Nacional, SEEG, e Segundo Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Observa-se que os valores estimados pela metodologia proposta pertencem a mesma magnitude que as outras estimativas, entretanto ainda subestimam as emissões estimadas pelo Quarto Inventário Nacional. A tendência de aumento e redução das emissões ao longo do período analisado apresenta as mesmas características nas três estimativas, o que sugere que os fatores de emissões aplicados nos cálculos são os mesmos.

3.2. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário

Os resultados do Primeiro Inventário Estadual do Paraná apresentam as emissões do subsetor **3.A.1 Fermentação Entérica** utilizando o “Potencial de Aquecimento Global” (PAG), do inglês “Global Warming Potential” (GWP). Este índice compara a força radiativa de uma unidade de gás de efeito estufa ao longo de um período de 100 anos à de uma unidade de dióxido de carbono (CO₂). Desta forma as emissões de qualquer gás podem ser convertidas em CO₂ equivalente (CO₂eq). As conversões das emissões dos gases aplicadas têm sido atualizadas ao longo dos anos de acordo com as variações das concentrações dos gases na atmosfera, as modificações publicadas pelo IPCC desde o primeiro assessment report estão apresentados na **Tabela 07**.

Tabela 07. Potenciais de Aquecimento Global (GWP) para diferentes gases ao longo do tempo

Substância	FAR ^a (1990)	SAR ^a (1995)	TAR ^a (2001)	AR4 ^a (2007)	AR5 ^a (2014)	AR6 ^b (2021)
Dióxido de carbono (CO ₂)	1	1	1	1	1	1
Metano, fóssil (CH ₄)	21	21	23	25	28	29,8 ^c 27,2 ^d
Óxido nitroso (N ₂ O)	290	310	296	298	265	273

^a Fonte: PONSIOEN, T. 2014;

^b Fonte: SMITH, C. et al. 2021;

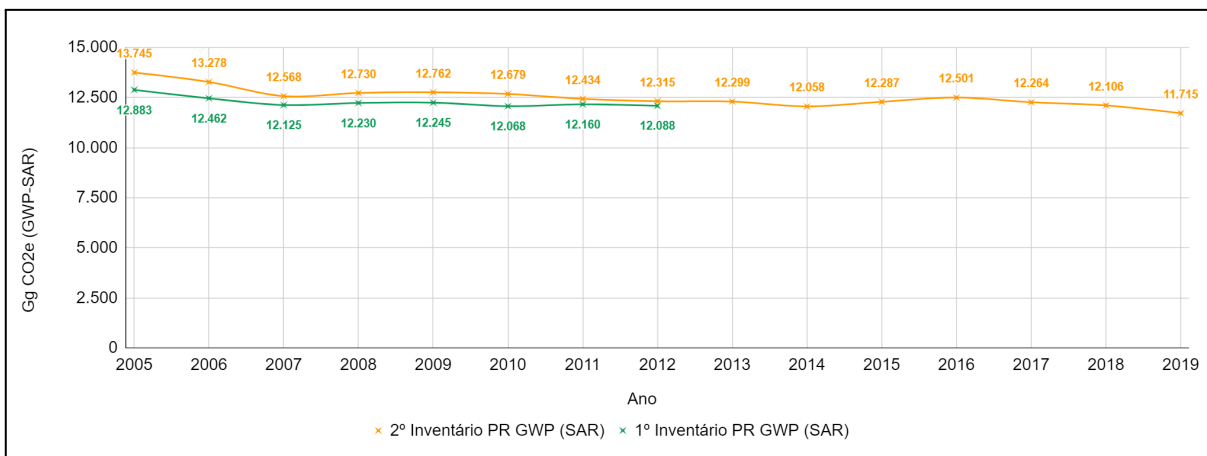
^c Metano de origem fóssil;

^d Metano de origem não fóssil.

Os fatores de conversão aplicados no primeiro inventário de emissões estaduais são provenientes do IPCC *Second Assessment Report* (SAR) e foram utilizados a fim de comparar os resultados das emissões estimadas no segundo inventário.

O **Gráfico 03** apresenta um comparativo entre os resultados estimados no Primeiro e no Segundo Inventário Estadual. A fim de auxiliar na comparação dos resultados são apresentados graficamente as estimativas das emissões do Segundo Inventário estadual para ambas conversões do Potencial de Aquecimento Global para o gás metano.

Gráfico 03. Comparação entre estimativas do 1º Inventário Estadual e do 2º Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.1 Fermentação Entérica do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Não foi possível realizar um comparativo entre os fatores de emissão considerados para a estimativa do metano entérico entre o Primeiro Inventário Estadual e o Segundo Inventário Estadual do Paraná, pois o primeiro documento não apresentou claramente os valores utilizados, ainda que esteja claro que as duas metodologias seguiram as diretrizes do IPCC para cálculo de emissão de CH₄ para o subsetor **3.A.1 Fermentação Entérica**.

4. Referências

ANUALPEC, 2010. Anuário da Pecuária Brasileira, Pecuária de Corte - Estatísticas. Documento disponível na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).

ANUALPEC, 2011. Anuário da Pecuária Brasileira, Pecuária de Corte - Estatísticas. Documento disponível na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).

ANUALPEC, 2012. Anuário da Pecuária Brasileira, Pecuária de Corte - Estatísticas. Documento disponível na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).

ANUALPEC, 2021. Anuário da Pecuária Brasileira, Pecuária de Corte - Estatísticas. Documento disponível na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).

IPCC, 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, 112 Tanabe K, editors, Japan: IGES; 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>. Acesso em: 12 dez. 2020.

IBGE, 2019 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal (2019). Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso em: 10 fev. 2021.

MCTI, 2020a. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Agropecuária – Fermentação Entérica. Brasília: MCTI, 2020. 150 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 10 jan. 2021.

MCTI, 2020b. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Agropecuária – Manejo de Dejetos de Animais. Brasília: MCTI, 2020. 143 p. Disponível em: https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/textoGeral/2018/10/11/RR_do_Inventario_Brasileiro_de_Emissoes_e_Remocoes_Antropicas_de_GEE.html: 10 jan. 2021.

PONSIOEN, T. 2014. Updated carbon footprint calculation factors. Disponível em: <https://pre-sustainability.com/articles/updated-carbon-footprint-calculation-factors/>. Acesso em: 24 fev. 2023.

SEEG, 2021. Nota Metodológica Setor Agropecuário do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (versão 8). Disponível em: <http://seeg.eco.br/notas-metodologicas>. Acesso em: 10 fev. 2021.

SEMA, 2014. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná. 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/wp-content/uploads/sites/34/2014/11/resumoexecutivo_gee_0512pr.pdf. Acesso em: 24 fev. 2023.

SMITH, C. et al. 2021. The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity supplementary material. Climate change. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07_SM.pdf. Acesso em: 24 fev. 2023.