

**PROJETO PARANÁ CLIMA/2020**

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



**RELATÓRIO DE REFERÊNCIA DO SUBSETOR QUEIMA DE  
RESÍDUO AGRÍCOLA (3.C.1) DO SETOR DE AFOLU**

Versão de março de 2023

**SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO PARANÁ  
SUBSETOR QUEIMA DE RESÍDUO AGRÍCOLA (3.C.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.)**

## **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

<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2. Metodologia</b>	<b>1</b>
2.1. Cálculo das emissões de CH <sub>4</sub>	2
2.2. Cálculo das emissões de N <sub>2</sub> O	2
2.3. Dados de atividade	3
<b>3. Resultados</b>	<b>4</b>
3.1. Emissões de CH <sub>4</sub>	4
3.2. Emissões de N <sub>2</sub> O	5
3.3. Comparação com outras estimativas	6
3.3.1. Emissões de CH <sub>4</sub>	6
3.3.2. Emissões de N <sub>2</sub> O	6
3.4. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário	8
<b>4. Referências</b>	<b>10</b>

## 1. Introdução

Este documento tem como objetivo a apresentação da metodologia de cálculo das emissões de gases de efeito estufa da atividade **3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas** como parte integrante das atividades emissoras consideradas para o setor AFOLU (Agricultura Floresta e Uso do Solo) no que diz respeito à elaboração do Segundo Inventário Estadual do Paraná. O período de abrangência é de 2005 a 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, 2020) 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.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas**, realizada diretamente no campo, produz emissões de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO e NMVOC. O CO<sub>2</sub> emitido não é considerado como uma emissão líquida, pois, por meio da fotossíntese, a mesma quantidade é necessariamente absorvida durante o crescimento das plantas. No Brasil, a prática de queima de resíduos agrícolas ocorre principalmente na cultura de cana-de-açúcar. A prática da queima dos resíduos de algodão considera-se que tenha sido totalmente substituída por mecanismos mecânicos e químicos de erradicação, não havendo emissões de GEE dessa cultura no período (2005 a 2019).

De acordo com o IPCC, a complexidade metodológica dos cálculos de emissões pode ser fornecida em três níveis. Tier 1, o método mais básico, Tier 2 intermediário e Tier 3 o mais exigente em termos de complexidade e requisitos de dados. A abordagem Tier 2 foi adotada para as estimativas de Queima de Resíduos Agrícolas (3.C.1), em que os fatores de emissão, a relação palhiço/colmo e o fator de combustão foram específicos para a cultura da cana-de-açúcar. A quantidade de biomassa disponível para combustão e o percentual da produção submetido à queima (quando não utilizada a colheita mecanizada) foram específicos para cada município e ano de acordo com os dados do IPARDES. A **Tabela 01** traz um detalhamento da classificação do Tier e do tipo de gás considerado na queima de resíduos agrícolas.

**Tabela 01.** Apresentação dos gases e Tiers utilizados para calcular as emissões do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas.

Subsetor/Categoria IPCC		Gases e Tiers inventariados		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
3.C.1	Queima de Resíduos Agrícolas	N.A.	2	2

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

## 2.1. Cálculo das emissões de CH<sub>4</sub>

Para calcular as emissões de CH<sub>4</sub> do subsetor **3. F Queima de Resíduos Agrícolas** foi utilizado o Volume 4, capítulo 2, do Guia Metodológico do IPCC (Guideline for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.4, C.2, Generic Methodologies Applicable to Multiple Landuse Categories). Para realizar os cálculos, a relação palhiço/colmo foi considerada além de um fator de combustão específico para a cultura da cana-de-açúcar e a quantidade de biomassa disponível para combustão. O Fator de combustão (C<sub>f</sub>) teve como base o Volume 4, Capítulo 5 do do Guia Metodológico do IPCC (Guideline for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.4, C.5, Cropland), O fator de emissão (G<sub>ef</sub>) para o CH<sub>4</sub> foi retirado do 1º Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná (SEMA, 2014).

A equação utilizada está descrita a seguir:

$E_{\text{emissão em Gg de CH}_4} = A \times MB \times F_m \times P/C \times C_f \times G_{ef} / 10^6$	Eq. (01)	Eq. 2.27, Cap 2, Vol 4 (IPCC, 2006)
--	----------	--

Onde:

A = área queimada, hectares;

MB = biomassa disponível para combustão, tonelada / hectare;

F<sub>m</sub> = fração colhida manualmente no Paraná, adimensional (variável conforme figura 22 do relatório técnico de Queima de resíduos da 4ª Comunicação Nacional, MCTI, 2021);

P/C = relação palhiço / colmo no Paraná, adimensional (0,192, tabela 11 do relatório técnico de Queima de resíduos da 4ª Comunicação Nacional, MCTI, 2021);

C<sub>f</sub> = fator de combustão (0,8) (valor default, Tabela 2.6, IPCC 2006, vol. 4);

G<sub>ef</sub> = fator de emissão (0,933 g CH<sub>4</sub> / kg de matéria seca queimada relatório técnico de Queima de resíduos da 4ª Comunicação Nacional, MCTI, 2021).

## 2.2. Cálculo das emissões de N<sub>2</sub>O

Para calcular as emissões de N<sub>2</sub>O do subsetor **3. F Queima de Resíduos Agrícolas** foi utilizado o Volume 4, capítulo 2, do Guia Metodológico do IPCC (Guideline for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.4, C.2, Generic Methodologies Applicable to Multiple Landuse Categories). Para realizar os cálculos, a relação palhiço/colmo foi considerada além de um fator de combustão específico para a cultura

da cana-de-açúcar e a quantidade de biomassa disponível para combustão. O Fator de combustão (Cf) teve como base o Volume 4, Capítulo 5 do do Guia Metodológico do IPCC (Guideline for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.4, C.5, Cropland), O fator de emissão (Gef) para o N<sub>2</sub>O foi retirado do 1º Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná (SEMA, 2014).

A equação utilizada está descrita a seguir:

$Emiss\tilde{a}o\ em\ Gg\ de\ N_2O = A \times MB \times F_m \times P/C \times C_f \times Gef / 10^6$	Eq. (02)	Eq. 2.27, Cap 2, Vol 4 (IPCC, 2006)
--	-------------	--

Onde:

A = área queimada, hectares;

MB = biomassa disponível para combustão, tonelada/hectare;

F<sub>m</sub> = fração colhida manualmente no Paraná, adimensional (variável conforme figura 22 do relatório técnico de Queima de resíduos da 4ª Comunicação Nacional, MCTI, 2021);

P/C = relação palhico / colmo no Paraná, adimensional (0,192, tabela 11 do relatório técnico de Queima de resíduos da 4ª Comunicação Nacional, MCTI, 2021);

Cf = fator de combustão (0,8) (valor default, Tabela 2.6, IPCC 2006, vol. 4);

Gef = fator de emissão (0,07 g N<sub>2</sub>O / kg de matéria seca queimada do relatório técnico de Queima de resíduos da 4ª Comunicação Nacional, MCTI, 2021);

### 2.3. Dados de atividade

O principal dado de atividade utilizado na estimativa das emissões do subsetor **3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas** é a quantidade de biomassa queimada em campo. A obtenção dos dados foi realizada com as informações disponíveis no Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, através do link <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. São disponibilizadas informações estatísticas anuais sobre produção agrícola - rendimento médio (kg/ha) e área colhida (ha) por município e ano do estado do Paraná.

As áreas de colheita manual no Paraná estão diminuindo conforme os dados apresentados na **Tabela 02**. De acordo com as informações disponibilizadas no painel interativo do Observatório da Cana.

**Tabela 02** - Área de colheita manual no Paraná.

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Paraná	0,9	0,9	0,896	0,816	0,7213	0,58	0,5168	0,4094
Ano	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Paraná	0,3466	0,2721	0,2535	0,1337	0,139	0,206	0,027	

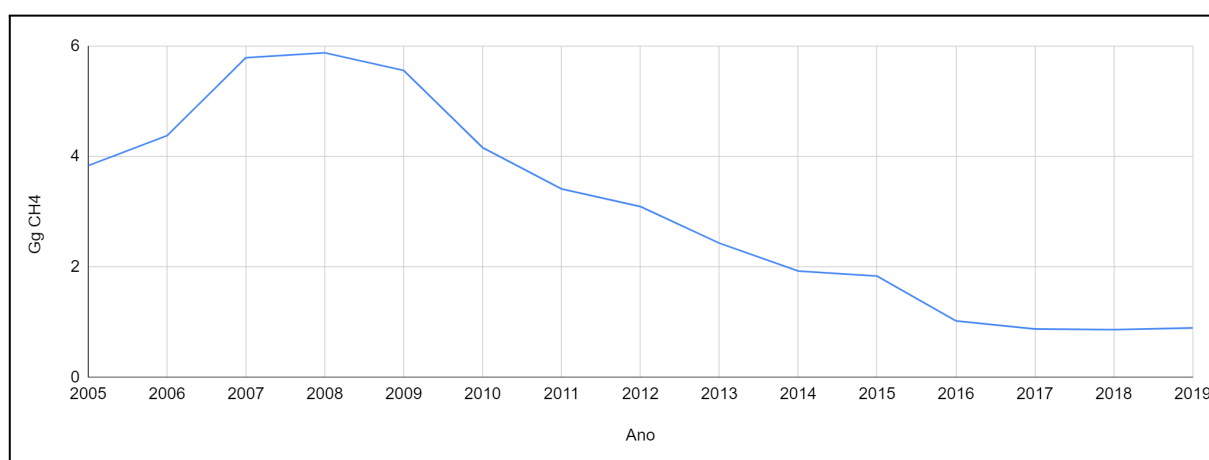
Fonte: Observatório da Cana (2022).

### 3. Resultados

#### 3.1. Emissões de CH<sub>4</sub>

Em 2019, as emissões estaduais do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas 0,9 Gg CH<sub>4</sub>, com um decréscimo de cerca de 20% na variação entre os anos de 2005 e 2012 e cerca de 70% entre 2012 a 2019. Este decréscimo de emissões está diretamente relacionado com a diminuição da colheita manual de cana de açúcar neste período. O **Gráfico 01** apresenta a variação temporal das emissões entre os anos de 2005 e 2019. A **Tabela 03** apresenta os valores tabulados.

**Gráfico 01.** Resultados das Emissões Estaduais (Gg CH<sub>4</sub>) do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas por ano.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduo Agrícola do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

**Tabela 03.** Resultados das Emissões Estaduais (Gg CH<sub>4</sub>) do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas por ano.

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Paraná	3,83	4,37	5,89	5,99	5,56	4,02	3,33	2,81
Ano	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Paraná	2,41	1,87	1,72	0,91	0,81	1,19	0,16	

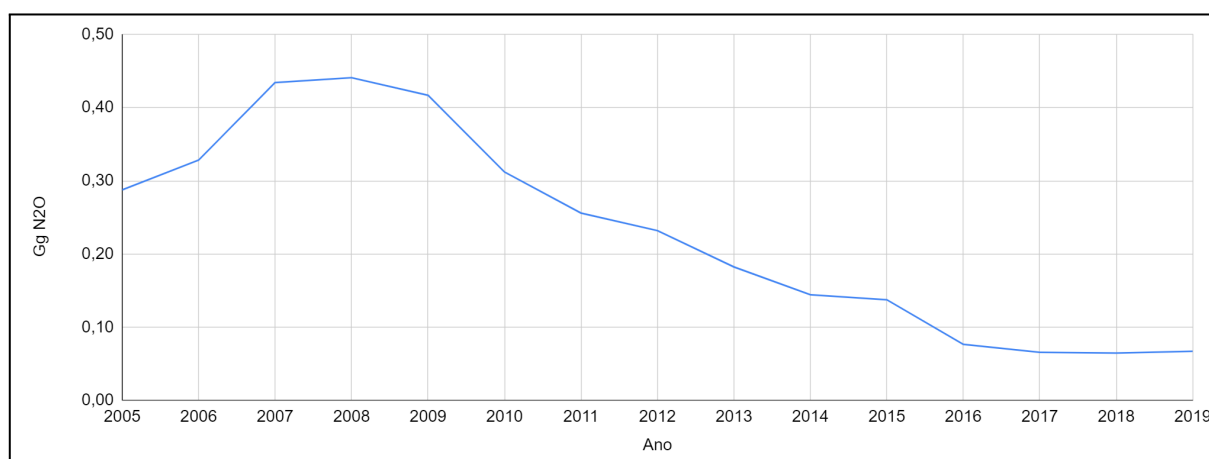
Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduo Agrícola do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (MCTI, 2023).



### 3.2. Emissões de N<sub>2</sub>O

Em 2019, as emissões estaduais do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas totalizaram 0,07 Gg N<sub>2</sub>O, com um decréscimo de cerca de 20% na variação entre os anos de 2005 e 2012 e de cerca de 70% entre 2012 a 2019. Este decréscimo de emissões está diretamente relacionado com a redução da colheita manual da cana de açúcar no estado do Paraná. O **Gráfico 02** apresenta a variação temporal das emissões entre os anos de 2005 e 2019. A **Tabela 04** apresenta os valores tabulados.

**Gráfico 02.** Resultados das Emissões Estaduais em (Gg N<sub>2</sub>O) do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas por ano.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduo Agrícola do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

**Tabela 04.** Resultados das Emissões Estaduais (Gg N<sub>2</sub>O) do subsetor 3.B Manejo de Dejetos de acordo com o tipo do animal e o ano.

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Paraná	0,29	0,33	0,44	0,45	0,42	0,30	0,25	0,21
Ano	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Paraná	0,18	0,14	0,13	0,07	0,06	0,09	0,01	

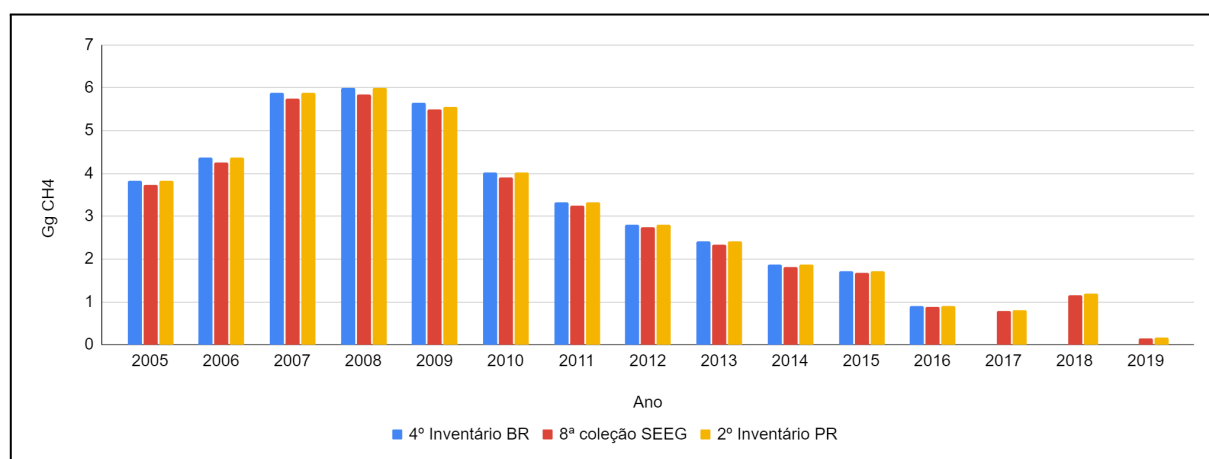
Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduo Agrícola do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

### 3.3. Comparação com outras estimativas

#### 3.3.1. Emissões de CH<sub>4</sub>

Os resultados de emissão foram comparados com as estimativas nacionais apresentadas no Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (2020) e na Nota Metodológica do Setor Agropecuário 8ª Coleção do SEEG (Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa. 2020). Observa-se que os valores estimados pela metodologia proposta pertencem a mesma magnitude que as outras estimativas, com resultados entre as outras duas referências. O **Gráfico 03** apresenta a comparação gráfica entre os resultados, considerando as emissões para o período de 2005 a 2019.

**Gráfico 03.** Comparação entre estimativas do Quarto Inventário Nacional, SEEG, e Segundo Inventário Estadual do Paraná.

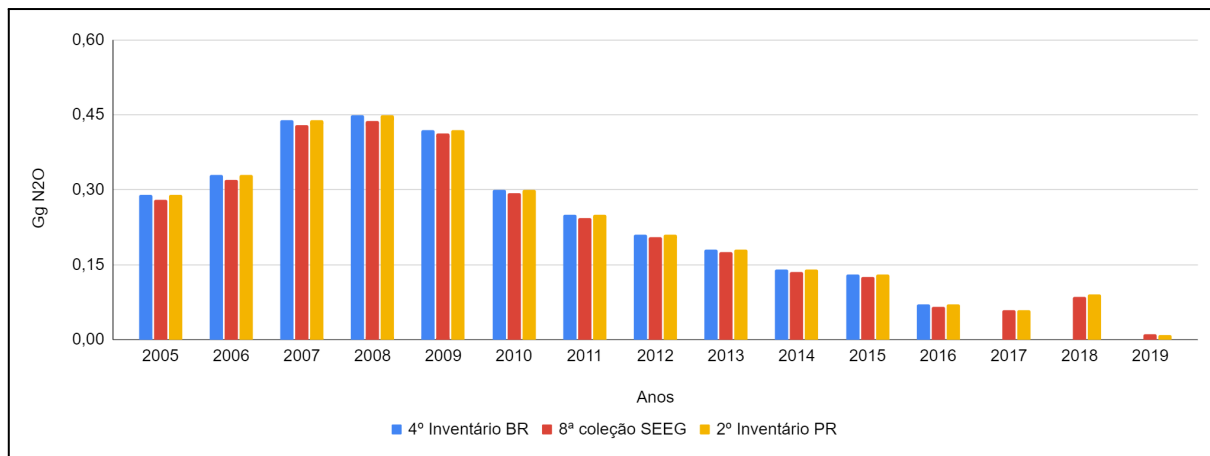


Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduo Agrícola do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

#### 3.3.2. Emissões de N<sub>2</sub>O

Os resultados de emissão foram comparados com as estimativas nacionais apresentadas no Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (2020) e na Nota Metodológica do Setor Agropecuário 8ª Coleção do SEEG (Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa. 2020). Observa-se que os valores estimados no Segundo Inventário estão entre as estimativas comparadas do inventário nacional, mas o SEEG destoa por apresentar os dados arredondados. O **Gráfico 04** apresenta a comparação gráfica entre os resultados, considerando as emissões para o período de 2005 a 2019.

**Gráfico 04.** Comparação entre estimativas do Quarto Inventário Nacional, SEEG, e Segundo Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduo Agrícola do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

### 3.4. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário

Os resultados do Primeiro Inventário Estadual do Paraná apresentam as emissões do subsetor **3.C.1 Queima de Resíduos Agrícolas** utilizando o “Potencial de Aquecimento Global” (PAG), ou do inglês “Global Warming Potential” (GWP). De acordo com o Relatório este índice compara a força radiativa de uma tonelada de gás de efeito estufa ao longo de um determinado período de 100 anos à de uma tonelada de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Desta forma as emissões de qualquer gás podem ser convertidas em CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq). 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 abaixo.

**Tabela 05.** Potenciais de Aquecimento Global (GWP) para diferentes gases ao longo do tempo

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

<sup>a</sup> Fonte: PONSIOEN, T. 2014;

<sup>b</sup> Fonte: SMITH, C. et al. 2021;

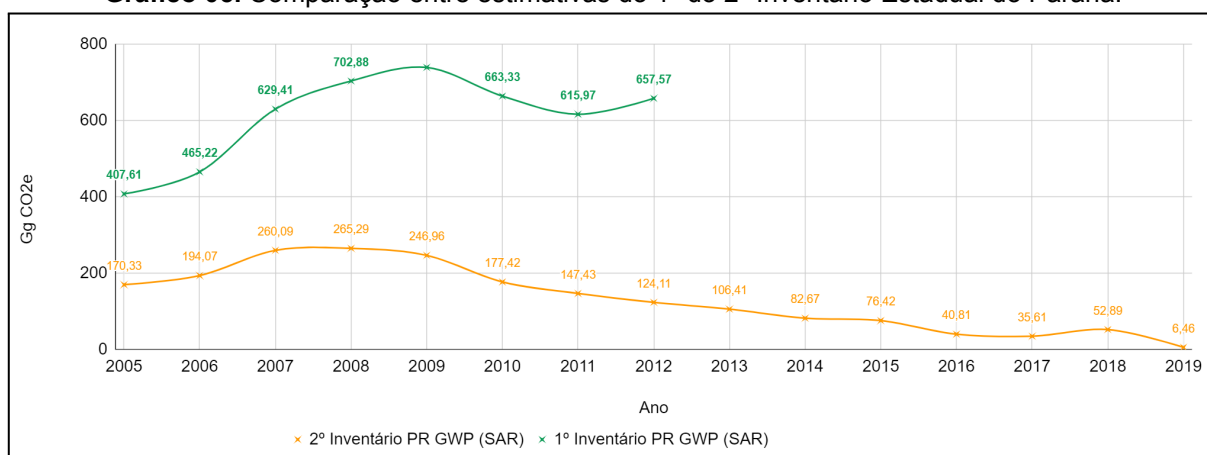
<sup>c</sup> Metano de origem fóssil;

<sup>d</sup> Metano de origem não fóssil.

Os fatores de conversão aplicados no primeiro documento de estimativas de emissões estaduais são provenientes do IPCC *Second Assessment Report* (SAR), desta forma a fim de comparar os resultados das emissões estimadas no segundo inventário também foi adotada esta mesma metodologia de conversão.

O **Gráfico 05** apresenta um comparativo entre os resultados calculados para o Primeiro e o Segundo Inventário Estadual, sendo possível observar que os resultados do primeiro inventário superestimam os resultados do segundo inventário em termos de CO<sub>2</sub>eq.

**Gráfico 05.** Comparação entre estimativas do 1º do 2º Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.1 Queima de Resíduo Agrícola do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

A razão da discrepância dos valores do Primeiro Inventário e do Segundo se justifica pela contabilização de 100% em corte manual da cana de açúcar no primeiro inventário. Além disto, os valores das taxas de emissão são maiores no primeiro inventário em relação ao segundo inventário (2,98 x 0,933 g CH<sub>4</sub> / kg de matéria seca), apesar da relação de palhiço / colmo ser inferior no primeiro inventário (0,169 x 0,192).

#### 4. Referências

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.

IPARDES. Pesquisa Pecuária Municipal (2019). Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso em: 10 fev. 2021.

MCTI, 2020. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Agropecuária – Queima de Resíduos Agrícolas. 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](https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/textoGeral/2018/10/11/RR_do_Inventario_Brasileiro_de_Emissoes_e_Remocoes_Antropicas_de_GEE.html). Acesso em: 16 fev. 2023.

OBSERVATÓRIO DA CANA, 2022. Painel interativo de informações - Histórico da Área de Cultivo de Cana-De-Açúcar, Moagem e Produção de Açúcar e Etanol. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/listagem.php?idMn=4>. Acesso em: 27/09/2022.

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](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](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07_SM.pdf). Acesso em: 24 fev. 2023.

YOKELSON, R.J., CHRISTIAN, T.J., KARL, T.G., GUENTHER, A. The tropical forest and fire emissions experiment: laboratory fire measurements and synthesis of campaign data. Atmos. Chem. Phys., v.8, p.3509–3527, 2008.