



COMUNICAÇÃO NACIONAL DO
BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO
DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE
MUDANÇA DO CLIMA

PROJETO BRA/16/G31

**QUARTA COMUNICAÇÃO NACIONAL E RELATÓRIOS DE ATUALIZAÇÃO
BIENAL DO BRASIL À CONVENÇÃO-QUADRO DAS NAÇÕES UNIDAS
SOBRE MUDANÇA DO CLIMA**

**QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES
ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA**

RELATÓRIO DE REFERÊNCIA

SETOR RESÍDUOS

Versão de setembro de 2020

QUARTO INVENTÁRIO NACIONAL DE EMISSÕES E REMOÇÕES ANTRÓPICAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

SETOR RESÍDUOS

Coordenadora Técnica da Quarta Comunicação Nacional

Danielly Godiva Santana Molleta (PNUD/MCTI)

Supervisor do Quarto Inventário Nacional

Mauro Meirelles de Oliveira Santos (PNUD/MCTI)

Analista Técnica do Setor Resíduos do Quarto Inventário Nacional

Giovanna Lunkmoss de Christo (PNUD/MCTI)

Analista Técnica do Quarto Inventário Nacional

Mayra Braga Rocha (PNUD/MCTI)

Coordenador Técnico-Científico do Quarto Inventário Nacional pela Rede Clima

Eduardo Delgado Assad (Embrapa)

Coordenadores Técnico-Científicos do Setor Resíduos pela Rede Clima

Adriana Marlene Moreno Pires (Embrapa Meio Ambiente)

Cristiano Alberto de Andrade (Embrapa Meio Ambiente)

Marcos Antônio Vieira Ligo (Embrapa Meio Ambiente)

Autores

Adriana Marlene Moreno Pires (Embrapa Meio Ambiente)

Alfredo José Barreto Luiz (Embrapa Meio Ambiente)

Camila Bernadete Benassi Parra Krahembuhl (Consultora)

Cristiano Alberto de Andrade (Embrapa Meio Ambiente)

Elias Gomes de Almeida (Embrapa Meio Ambiente)

José Tadeu de Oliveira Lana (Embrapa Meio Ambiente)

Marcos Antônio Vieira Ligo (Embrapa Meio Ambiente)

Priscila Grützmacher (Consultora)

Ricardo Antônio Almeida Pazianotto (Embrapa Meio Ambiente)

Sandra Furlan Nogueira (Embrapa Meio Ambiente)

Colaboradores

Andrea Ramos (INMET)

Diógenes Del Bel (ABETRE)
Fernanda Romero (ABRELPE)
Gabriela Otero (ABRELPE)
Guilherme Gonçalves (GIZ/ProteGEEr)
Hélinah Cardoso Moreira (GIZ/ProteGEEr)
José Alberto da Mata Mendes (MDR/SNS)
Karina Araújo Sousa (MDR/SNS)
Lauseani Santoni (ANA)
Luiz Gonzaga Alves Pereira (ABETRE)
Luz Selene Buller (Consultora)
Mariana Silva (GIZ/ProteGEEr)
Sara Meireles (MCID/ SNIS)
Sergio Luis da Silva Cotrim (MCID)
Simone Vianna (IBAMA)
Valmir de Moraes (MCID/SNIS)
Victor Salek Bosso (Consultor)

Instituições colaboradoras

ABETRE - Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes
ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ANA/MDR - Agência Nacional de Águas
IBAMA/MMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SNS/MDR - Secretaria Nacional de Saneamento
ProteGEEr/MDR/MMA - Cooperação para a Proteção do Clima na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos

Aviso

Este documento compreende atualizações das estimativas de emissões com base na aplicação das diretrizes metodológicas de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC no acrônimo em inglês) que servirão de subsídios para elaboração futura do capítulo do *Inventário Nacional de Emissões Antrópicas e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal*, parte integrante da Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção do Clima. Nesse trabalho, foram consideradas, na medida do possível, informações oficiais públicas para o período de 1990 a 2016.

Todas as indicações, dados e resultados desse estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações 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 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, nem de outros órgãos do governo participantes e consultados para elaboração deste estudo. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações e outros órgãos governamentais se eximem da responsabilidade de implementar quaisquer dos resultados, interpretações, recomendações, estimativas ou conclusões contidas neste estudo.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	19
2. DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	21
2.1 Metodologia	21
2.2 Dados de atividade	23
2.3 Parâmetros e fatores de emissão	30
2.4 Resultados	39
3. TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS	44
3.1 Metodologia	44
3.2 Dados de atividade	45
3.3 Parâmetros e fatores de emissão	46
3.4 Resultados	46
4. INCINERAÇÃO E QUEIMA DE RESÍDUOS A CÉU ABERTO	50
4.1 Metodologia	50
4.2 Dados de atividade	54
4.3 Parâmetros e fatores de emissão	56
4.4 Resultados	57
5. TRATAMENTO E DESPEJO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	61
5.1 Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (Categoria 5.D.1)	61
5.1.1 Metodologia	61
5.1.2 Dados de atividade	63
5.1.3 Parâmetros e fatores de emissão	68
5.1.4 Resultados	70
5.2 Tratamento e despejo de águas residuárias industriais (Categoria 5.D.2)	75
5.2.1 Metodologia	75
5.2.2 Dados de atividade	76
5.2.3 Parâmetros e fatores de emissão	79
5.2.4 Resultados	82
6. CONTROLE DE QUALIDADE	86

7. AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS E CONSISTÊNCIA TEMPORAL	87
8. DIFERENÇAS EM RELAÇÃO AO TERCEIRO INVENTÁRIO NACIONAL	93
8.1 Disposição de Resíduos Sólidos (Subsetor 5.A)	93
8.2 Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (Subsetor 5.B)	94
8.3 Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto (Subsetor 5.C)	94
8.4 Tratamento e despejo de águas residuárias (Subsetor 5.D)	96
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	104
10. REFERÊNCIAS	106
APÊNDICE A - Detalhamento metodológico	108
A.1. DADOS DE ATIVIDADE	108
A.2. FATORES DE EMISSÃO E OUTROS PARÂMETROS	111
A.3. RESUMO METODOLÓGICO	126
APÊNDICE B - Resultados detalhados	128

Lista de Tabelas

	Página
<i>Tabela 1. Emissões totais de CH₄ do setor Resíduos.</i>	xiii
<i>Tabela 2. Emissões totais de N₂O do setor Resíduos.</i>	xv
<i>Tabela 3. Emissões totais de CO₂ do setor Resíduos.</i>	xvi
<i>Tabela 4. Tiers aplicados e gases inventariados nos cálculos das emissões do subsetor 5.A – Disposição de Resíduos Sólidos.</i>	21
<i>Tabela 5. Coeficientes das equações ajustadas para cada UF, utilizadas para estimar as lacunas de dados da série histórica de população total.</i>	24
<i>Tabela 6. Dados de geração per capita de MSW (kg hab⁻¹ d⁻¹) das principais pesquisas brasileiras sobre saneamento.</i>	26
<i>Tabela 7. Dados de destinação de MSW das principais pesquisas brasileiras sobre saneamento.</i>	27
<i>Tabela 8. População total (Poptotal), população atendida com coleta (PopCW), massa coletada e destinada (CW) e massa per capita (CWpercapita) de resíduos de serviços de saúde (CW) nas UF, nos anos 2000 e 2008.</i>	29
<i>Tabela 9. Composição gravimétrica do MSW nas UF brasileiras, para o período entre 1970 e 2016. Média (mín. – máx.)</i>	32
<i>Tabela 10. Valores-padrão recomendados para a taxa de geração de metano (k) em estimativas de nível metodológico Tier 1.</i>	33
<i>Tabela 11. Fração da população residente nas UF segundo a classificação climática, para os anos 1970, 1980, 1990, 2000 e 2016.</i>	35
<i>Tabela 12. Fração da população com acesso a locais manejados de disposição de resíduos sólidos (aterros sanitários) em relação à população atendida com coleta de MSW.</i>	36
<i>Tabela 13. Metano recuperado em projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para atenuação do impacto das emissões de GEE provenientes de aterros sanitários.</i>	38
<i>Tabela 14. Emissões totais de CH₄ do subsetor Disposição de Resíduos Sólidos, para o período de 1990 a 2016.</i>	39
<i>Tabela 15. Tiers aplicados e gases inventariados nos cálculos das emissões do subsetor 5.B -Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos.</i>	44
<i>Tabela 16. Emissões totais de CH₄ do subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos, para o período de 1990 a 2016.</i>	46
<i>Tabela 18. Tiers aplicados e gases inventariados nos cálculos das emissões do subsetor 5.C – Incineração e queima de resíduos a céu aberto.</i>	50
<i>Tabela 19. Fração da população total que realiza queima de resíduos a céu aberto nas UF, entre os anos 1990 e 2016.</i>	56
<i>Tabela 20. Parâmetros e fatores de emissão utilizados para cálculo das emissões de GEE da categoria 5.C.1 – Incineração de Resíduos.</i>	57
<i>Tabela 21. Emissões totais de N₂O e CO₂ da categoria Incineração de Resíduos, para o período de 1990 a 2016.</i>	58

<i>Tabela 26. Emissões totais de CH₄ e N₂O da categoria Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Domésticas, para o período de 1990 a 2016.</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 30. Fator de correção de metano (MCF) e fração de água residuária tratada por tipo de tecnologia empregada, referentes ao Terceiro e Quarto Inventário Nacional.....</i>	<i>80</i>
<i>Tabela 31. Fator de correção de metano (MCF) anual, por setor industrial inventariado.</i>	<i>81</i>
<i>Tabela 32. Emissões totais de CH₄ da categoria Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Industriais, para o período de 1990 a 2016.....</i>	<i>82</i>
<i>Tabela 35. Coeficientes das equações ajustadas para estimar as lacunas de dados da série histórica de geração per capita de MSW (MSW_{percapita}, kg MSW hab⁻¹ ano⁻¹).....</i>	<i>108</i>
<i>Tabela 36. Coeficientes das equações ajustadas para estimar as lacunas de dados da série histórica de grau de utilização do tratamento, via de descarga ou sistema para cada grupo de renda (Tij).</i>	<i>110</i>
<i>Tabela 37. Revisão bibliográfica da composição gravimétrica municipal no Brasil.</i>	<i>112</i>
<i>Tabela 38. Resumo da metodologia utilizada no cálculo de emissões do setor Resíduos.....</i>	<i>126</i>
<i>Tabela 39. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) do subsetor 5.A – Disposição de Resíduos Sólidos.</i>	<i>129</i>
<i>Tabela 40. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) do subsetor 5.B – Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos.</i>	<i>130</i>
<i>Tabela 41. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) da categoria 5.C.2 – Queima de Resíduos a Céu Aberto.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabela 42. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) da categoria 5.D.1 – Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Domésticas.....</i>	<i>132</i>
<i>Tabela 43. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) da categoria 5.D.2 – Tratamento e despejo de Águas Residuárias Industriais.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabela 44. Estimativa das emissões de N₂O (Gg) do subsetor 5.B – Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos.....</i>	<i>135</i>
<i>Tabela 45. Estimativa das emissões de N₂O (Mg) da categoria 5.C.1 – Incineração de Resíduos.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabela 46. Estimativa das emissões de N₂O (Mg) da categoria 5.C.2 – Queima de Resíduos a Céu Aberto.</i>	<i>137</i>
<i>Tabela 47. Estimativa das emissões de N₂O (Gg) da categoria 5.D.1 – Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Domésticas.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabela 48. Estimativa das emissões de CO₂ (Gg) da categoria 5.C.1 – Incineração de Resíduos.</i>	<i>140</i>
<i>Tabela 49. Estimativa das emissões de CO₂ (Gg) da categoria 5.C.2 – Queima de Resíduos a Céu Aberto.....</i>	<i>141</i>

Lista de Figuras

	Página
<i>Figura 1. Emissões nacionais de CH₄ do setor Resíduos.</i>	xiv
<i>Figura 2. Emissões nacionais de N₂O do setor Resíduos.</i>	xvi
<i>Figura 3. Emissões nacionais de CO₂ do setor Resíduos.</i>	xvii
<i>Figura 4. Contribuição dos subsetores para as emissões totais do setor de Resíduos em 2016: a) CH₄; b) N₂O; c) CO₂.</i>	xviii
<i>Figura 5. Geração, recuperação e emissão de metano (CH₄) em locais de disposição final de resíduos sólidos (SWDS) no Brasil, entre 1970 e 2016.</i>	40
<i>Figura 6. Emissão nacional de CH₄ pela disposição final de resíduos sólidos em locais manejados (aterros sanitários) e não categorizados (aterros controlados e lixões).</i>	40
<i>Figura 7. Fração da população brasileira atendida com serviço de coleta de MSW entre os anos de 1970 e 2016.</i>	41
<i>Figura 8. Correlações estatísticas entre a geração de CH₄ em SWDS no período de 1970 a 2016 e: (a) a população brasileira nas UF; e (b) a geração per capita de MSW.</i>	42
<i>Figura 9. Geração de CH₄ discriminada em relação à composição gravimétrica de MSW no período de 1970 a 2016.</i>	43
<i>Figura 10. Emissões nacionais de CH₄ e N₂O a partir do tratamento biológico de resíduos sólidos (5.B), no período de 1990 a 2016.</i>	46
<i>Figura 11. Correlações estatísticas entre a emissão anual de CH₄ devido ao tratamento biológico de resíduos sólidos urbanos (MSW) e: (a) população atendida com coleta de MSW; e (b) geração de MSW per capita.</i>	47
<i>Figura 12. Correlações estatísticas entre a emissão anual de N₂O devido a compostagem de resíduos sólidos urbanos (MSW) e: (a) população atendida com coleta de MSW; e (b) geração de MSW per capita.</i>	48
<i>Figura 13. Emissões nacionais a partir da incineração de resíduos (5.C.1) de serviços de saúde (CW) no período de 1990 a 2016: (a) CO₂ e; (b) N₂O.</i>	58
<i>Figura 14. Emissões nacionais de CO₂ a partir da queima de resíduos a céu aberto (5.C.2) no período de 1990 a 2016.</i>	59
<i>Figura 15. Emissões nacionais de CH₄ e N₂O (Gg) a partir da queima de resíduos a céu aberto (5.C.2) no período de 1990 a 2016.</i>	60
<i>Figura 16. Componente orgânico degradável (TOW; Gg DBO ano⁻¹) em águas residuárias domésticas (DWW) no Brasil, entre 1990 e 2016.</i>	64
<i>Figura 17. Fração do grupo de renda da população total (U_i) no Brasil, entre 1990 e 2016.</i>	65
<i>Figura 18. Grau de utilização do sistema de tratamento ou caminho de descarga para cada grupo (T_{ij}) no Brasil, entre 1990 e 2016.</i>	66
<i>Figura 19. Valores anuais observados (FAO, 2009) e estimados do consumo de proteína (PTN) per capita no Brasil, entre 1990 e 2016.</i>	67

Figura 20. Componente orgânico removido como lodo (DBO) e nitrogênio removido via lodo (N_{sludge}) anualmente no tratamento de águas residuárias domésticas (DWW) no Brasil, entre 1990 e 2016.....	68
Figura 21. Emissões nacionais de CH_4 e N_2O pela atividade de tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (5.D.1), no período de 1990 a 2016.	71
Figura 22. Correlações estatísticas entre emissões anuais de CH_4 no Brasil, no período de 1990 a 2016, e: (a) coleta e tratamento dos esgotos domésticos; e (b) coleta e tratamento dos esgotos domésticos e uso de fossa negra.	73
Figura 23. Recuperação anual de CH_4 em sistemas de tratamento DWW com reator anaeróbico (a); e percentual de recuperação de CH_4 em relação ao total emitido em sistemas com coleta e tratamento DWW (b) no Brasil, no período de 1990 a 2016.....	74
Figura 24. Material orgânico degradável (TOW) em águas residuárias industriais no Brasil, anualmente, entre 1990 e 2016.....	78
Figura 25. Emissões nacionais de CH_4 pela atividade de tratamento e despejo de águas residuárias industriais (5.D.2), no período de 1990 a 2016.	83
Figura 26. Recuperação de CH_4 (R) em reatores anaeróbios utilizados para o tratamento de águas residuárias industriais (IWW) no Brasil, de 1990 a 2016.	84
Figura 27. Correlações estatísticas entre as emissões anuais de CH_4 pelos setores de produção de leite cru e de abate de bovinos e: (a) os valores de carga orgânica degradável (TOW); e (b) os valores do fator de correção do metano (MCF).....	85
Figura 28. Evolução da emissão (líquida) média brasileira de CH_4 (linha), com respectivos limites de incerteza (sombreado), do subsetor 5.A. Disposição de Resíduos Sólidos.	89
Figura 29. Evolução da emissão média brasileira (linha) de CH_4 (a) e N_2O (b), com respectivos limites de incerteza (sombreado), do subsetor 5.B. Tratamento Biológico de Resíduos.	90
Figura 30. Evolução da emissão média brasileira (linha) de CH_4 (a), N_2O (b) e CO_2 (c), com respectivos limites de incerteza (sombreado), do subsetor 5.C. Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto.....	91
Figura 31. Evolução da emissão (líquida) média brasileira (linha) de CH_4 (a) e N_2O (b), com respectivos limites de incerteza (sombreado), do subsetor 5.D. Tratamento e Despejo de Águas Residuárias.	92
Figura 32. Disposição de Resíduos Sólidos (5.A): resultados do Terceiro e Quarto Inventários Nacionais.....	93
Figura 33. Emissões nacionais da categoria incineração de resíduos (5.C.1) do Terceiro e Quarto Inventários Nacionais: (a) CO_2 , e (b) N_2O	95
Figura 34. Massa úmida de resíduo utilizada nas estimativas de emissão de GEE da categoria incineração de resíduos (5.C.1) no Terceiro e Quarto Inventários Nacionais.	96
Figura 35. Emissões nacionais da categoria tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (5.D.1) do Terceiro e Quarto Inventários Nacionais: (a) CH_4 , e (b) N_2O	97
Figura 36. Emissões nacionais de CH_4 da categoria tratamento e despejo de águas residuárias industriais (5.D.2) do Terceiro e Quarto Inventários Nacionais.	98

Siglas

ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação

ABLV - Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida

ANA - Agência Nacional de Águas

CH₄ - metano

CO₂ - dióxido de carbono

CW - resíduos de serviços de saúde

DWW - águas residuárias domésticas

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO - *Food and Agriculture Organization of The United Nations* (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura)

GEE - gás de efeito estufa

HW - resíduos perigosos

IBA - Indústria Brasileira de Árvores

Ibama - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Nacional de Geografia e Estatística

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

IWW - águas residuárias industriais

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

MSW - resíduos sólidos municipais

N₂O - óxido nitroso

PIA - Pesquisa Industrial Anual

PNAD - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

PNSB - Pesquisa Nacional do Saneamento Básico

RAPP - Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras

SNIS - Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento

SWDS - locais de disposição final de resíduos sólidos

Unica - União da Indústria da Cana-de-Açúcar

SUMÁRIO EXECUTIVO

Neste relatório são apresentadas as estimativas nacionais das emissões antrópicas por fontes e remoções por sumidouros associadas ao setor Resíduos para o período de 1990 a 2016. As estimativas de emissão foram realizadas utilizando a metodologia preconizada nas Diretrizes IPCC 2006 para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*; IPCC, 2006; V.5 Waste).

O relatório compreende as emissões decorrentes da destinação final de resíduos sólidos em aterros e vazadouros (lixões), compostagem, incineração e queima a céu aberto, bem como do despejo de águas residuárias que passaram ou não por algum processo de tratamento.

De modo geral, as estimativas são calculadas a partir de dados nacionais como população, geração de resíduo sólido municipal (MSW - *municipal solid waste*) e de serviços de saúde (CW - *clinical waste*), locais de disposição final de resíduos sólidos (SWDS - *solid waste disposal sites*), variáveis climáticas dos municípios, composição gravimétrica do MSW, rotas ou sistemas de descarga de águas residuárias domésticas (DWW - *domestic wastewater*) e industriais (IWW - *industrial wastewater*), fração de tratamento de esgoto, tecnologias de tratamento de águas residuárias, produção industrial e carga orgânica por unidade de produto.

Dados das séries históricas, em sua maioria, foram adquiridos de fontes oficiais, tais como: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a partir de pesquisas como Censo Demográfico, Contagem da População, Estimativas da População, Pesquisa Nacional do Saneamento Básico (PNSB), Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) e Pesquisa Industrial Anual (PIA); Secretaria Nacional de Saneamento (SNS), a partir do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS); Ministério do Meio Ambiente (MMA), a partir do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir); e Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Outras fontes de informação relevantes foram a União da Indústria da Cana-de-Açúcar (Unica), a Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação (Abia), a Indústria Brasileira de Árvores (IBA), a Associação Brasileira da Indústria de Leite Longa Vida (ABLV), bem como revisão de literatura.

O principal gás emitido pelo setor Resíduos é o metano (CH₄), cuja maior participação é proveniente da disposição final de resíduos sólidos e do tratamento e despejo de águas residuárias domésticas. Como pode ser observado na Tabela 1, em 2016 foram emitidos 2988,9 Gg de CH₄ pelo setor, um crescimento de 18% em relação ao último período avaliado (2010). Quando observada a emissão total de CH₄ pelo setor Resíduos em 2016, o subsetor Disposição de Resíduos Sólidos (5.A) foi responsável por 62,1% da emissão, seguido do subsetor Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D), responsável por 37,0% (Figura 4a). Os subsetores Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B) e Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto (5.C) respondem por menos de 1% das emissões observadas em 2016.

Ao analisar as emissões na série histórica, o subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B) teve um crescimento de suas emissões de CH₄ em 31% em relação ao último ano avaliado (2010), e o subsetor Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D) contou com um aumento de 8%. O subsetor Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto (5.C) apresentou redução das emissões, da ordem de 11%.

Tabela 1. Emissões totais de CH₄ do setor Resíduos.

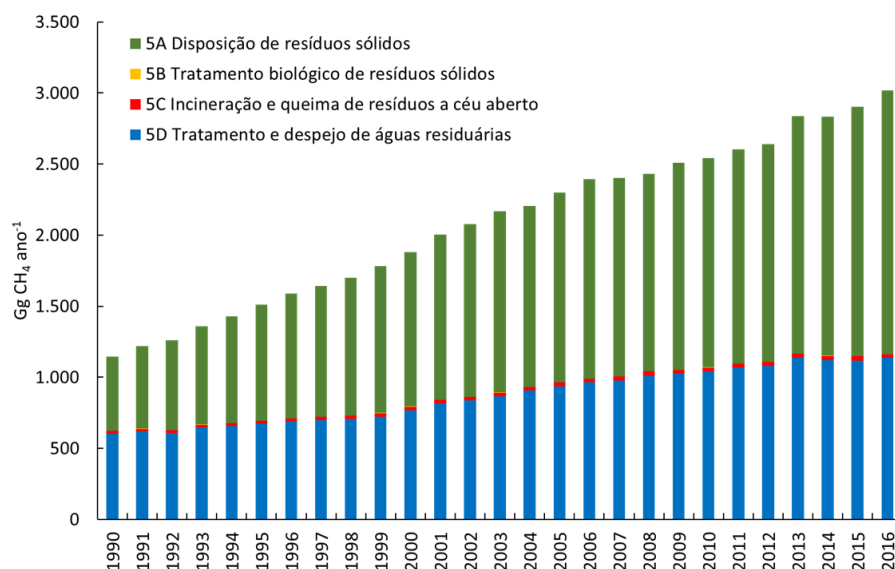
Setor/Subsetor/Categoria		1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
		----- Gg CH ₄ -----						----- % -----	
5	Resíduos	1.145,6	1.510,6	1.878,8	2.287,1	2.523,0	2.988,9	31	18
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	523,1	817,8	1.086,5	1.334,2	1.470,2	1.857,4	39	26
5.A.1	Disposição de resíduos em locais manejados	181,3	294,7	421,3	578,0	610,2	874,9	51	43
5.A.2	Disposição de resíduos em locais não manejados	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	-	-
5.A.3	Disposição de resíduos em locais não categorizados	341,5	523,2	665,2	756,2	860,0	982,5	30	14
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	0,5	0,7	0,9	1,2	1,1	1,4	21	32
5.B.1	Compostagem	0,5	0,7	0,9	1,2	1,1	1,4	21	32
5.B.2	Digestão anaeróbia de resíduos sólidos	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	-	-
5.C	Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto	19,1	21,6	25,3	28,1	26,3	23,4	-17	-11
5.C.1	Incineração de resíduos	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	-	-
5.C.2	Queima de resíduos a céu aberto	19,1	21,6	25,3	28,1	26,3	23,4	-17	-11
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	602,9	670,4	766,1	923,6	1.025,4	1.106,7	20	8
5.D.1	Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas	541,9	593,6	676,4	788,9	860,5	897,3	14	4
5.D.2	Tratamento e despejo de águas residuárias industriais	61,0	76,8	89,6	134,6	164,9	209,4	56	27

N.O. - não ocorre (*not occurring*).

Ao observar a Figura 1 é possível perceber que a emissão de CH₄ do subsetor 5.A, Disposição de Resíduos Sólidos, teve tendência ao crescimento ao longo do tempo, diferentemente dos demais subsetores. Em média, 3,6 kg CH₄ hab⁻¹ eram emitidos em 1990, chegando a 9,0 kg hab⁻¹ em 2016. Tal fato se deve ao aumento da população atendida com coleta de MSW e ao aumento do envio dos resíduos para aterros sanitários (35% em 1990 para 51% em 2016), cuja capacidade de geração de CH₄ é maior que em aterros controlados e lixões. Um aumento discreto da participação do subsetor Tratamento e Despejo de Águas Residuárias (5.D) pode ser observado a partir de 2010 (Figura 1), logo após o início dos investimentos em coleta e tratamento de esgotos domésticos com o Programa de

Aceleração do Crescimento (PAC) em 2007. Nas décadas de 1990 e 2000, o investimento destinado a esgotamento sanitário foi praticamente nulo.

Figura 1. Emissões nacionais de CH₄ do setor Resíduos.



Com a melhora do saneamento básico no país projetada para os próximos anos, tanto a emissão total como a representatividade desses subsetores tendem a aumentar. Para tanto, é necessário planejamento estratégico buscando soluções como o uso de tecnologias para captura e aproveitamento energético de CH₄, promovendo diminuição das emissões e auxiliando a diversificar a matriz energética do país. Um passo ainda mais conservador seria o incentivo à reciclagem de resíduos sólidos orgânicos por meio de compostagem, diminuindo a quantidade de MSW destinada aos SWDS.

O óxido nitroso (N₂O) é o gás com a menor participação no setor Resíduos em termos de massa emitida e também o com menor variação ao longo do tempo (Tabela 2;

Figura 2). Em 1990 e 2016, por exemplo, foram emitidos 5,2 e 8,7 Gg N₂O, respectivamente. Já com relação ao último período inventariado (2010), a emissão observada em 2016 apresenta aumento de 6%. Houve aumento da emissão observada em 2016 no subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos em 21% comparado ao observado em 2010, enquanto no subsetor Tratamento e Despejo de Águas Residuárias o crescimento foi de 7%. Foi observada diminuição da emissão de N₂O no subsetor

Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto em 2016 da ordem de 21% em relação ao observado em 2010.

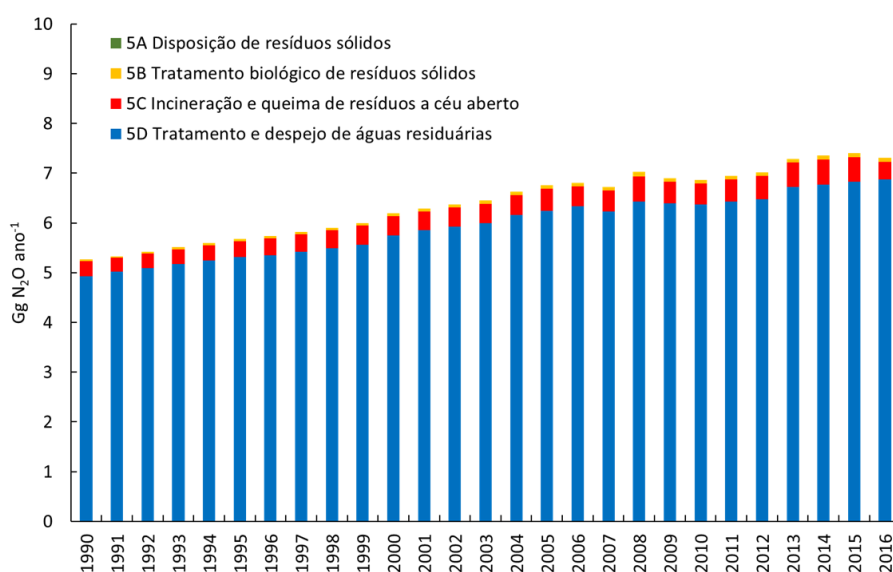
Em média, 4,9 Gg N₂O eram emitidos em 1990, chegando a 8,2 Gg N₂O em 2016, resultado relacionado ao aumento da população brasileira e do consumo alimentar de proteína por parte dela. A população brasileira mais que dobrou (1,23 vez) entre 1990 e 2016. Dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO, acrônimo em inglês) mostram que em 1990 o brasileiro consumia anualmente em média 24,8 kg de proteína, valor que chegou a 30,7 kg em 2008. Sabendo que a emissão de N₂O no subsetor 5.D é diretamente proporcional à população e à quantidade de proteína consumida por ela, o impacto da variação ao longo do tempo seria o aumento na emissão da ordem de 2,5 vezes. Tal fato não ocorreu, uma vez que, com o aumento do tratamento das DWW ao longo dos anos, parte do nitrogênio passou a ser retirada do sistema na forma de lodo de esgoto (S-DWW). Esse resíduo semissólido é enviado aos SWDS, onde não ocorre emissão de N₂O.

Tabela 2. Emissões totais de N₂O do setor Resíduos.

Setor/Subsetor/Categoria		1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
		----- Gg N ₂ O -----						----- % -----	
5	Resíduos	5,20	6,28	7,08	7,99	8,17	8,67	8	6
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.A.1	Disposição de resíduos em locais manejados	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.A.2	Disposição de resíduos em locais não manejados	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.A.3	Disposição de resíduos em locais não categorizados	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	0,03	0,04	0,05	0,07	0,06	0,09	21	21
5.B.1	Compostagem	0,03	0,04	0,05	0,07	0,06	0,09	32	32
5.B.2	Digestão anaeróbia de resíduos sólidos	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	-	-
5.C	Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto	0,30	0,32	0,40	0,45	0,43	0,35	-22	-19
5.C.1	Incineração de resíduos	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	40	8
5.C.2	Queima de resíduos a céu aberto	0,29	0,31	0,38	0,42	0,40	0,31	-26	-22
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	4,87	5,92	6,63	7,48	7,67	8,24	10	7
5.D.1	Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas	4,87	5,92	6,63	7,48	7,67	8,24	10	7
5.D.2	Tratamento e despejo de águas residuárias industriais	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	-	-

N.A. – não aplicável (*not applicable*); N.O. - não ocorre (*not occurring*).

O tratamento e despejo de águas residuárias é o principal emissor de N₂O, responsável por 95% das emissões do setor Resíduos (Figura 4b).

Figura 2. Emissões nacionais de N₂O do setor Resíduos.


A emissão nacional de dióxido de carbono (CO₂) pelo setor de Resíduos é representada exclusivamente pelo subsetor Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto (Tabela 3). A emissão é resultante da incineração e queima de carbono fóssil (FCF) presente nos resíduos sólidos. Embora o CO₂ também seja emitido pela decomposição da matéria orgânica nos outros subsetores (5.A, 5.B e 5.D), sua origem é de carbono biogênico e não é considerada neste setor.

Tabela 3. Emissões totais de CO₂ do setor Resíduos.

Setor/Subsetor/Categoria		1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
		----- Gg CO ₂ -----						----- % -----	
5	Resíduos	533	585	926	1.108	1.154	504	-55	-56
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.A.1	Disposição de resíduos em locais manejados	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.A.2	Disposição de resíduos em locais não manejados	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.A.3	Disposição de resíduos em locais não categorizados	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-

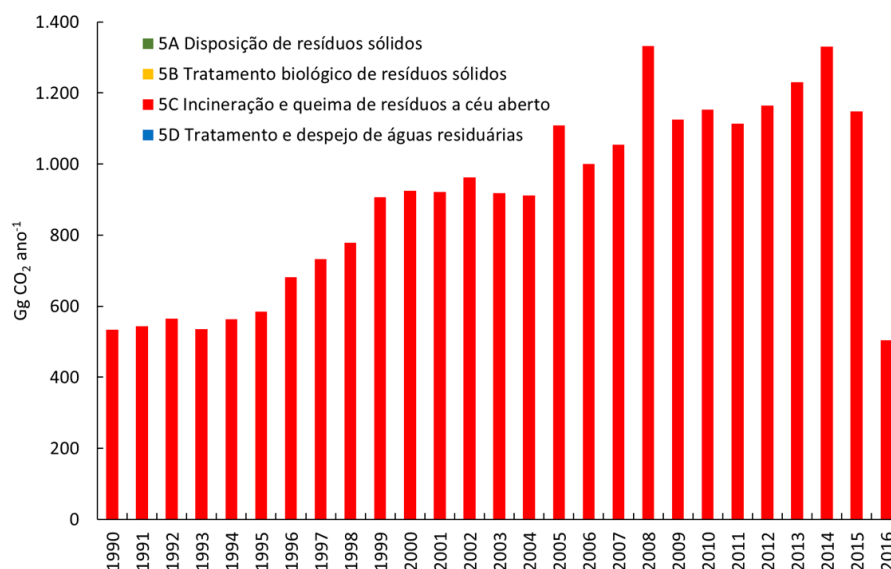
Setor/Subsetor/Categoria		1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
		Gg CO ₂						%	
5.B.1	Compostagem	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.B.2	Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.C	Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto	533	585	926	1.108	1.154	504	-55	-56
5.C.1	Incineração de resíduos	39	42	46	78	101	109	40	8
5.C.2	Queima de resíduos a céu aberto	495	543	880	1.031	1.053	395	-62	-63
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.D.1	Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-
5.D.2	Tratamento e despejo de águas residuárias industriais	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	-	-

N.A. - não aplicável (*not applicable*).

A variação entre a emissão observada em 2010 e 2016 foi de redução em 56%, representada pela queda na emissão da categoria Queima de Resíduos a Céu Aberto (5.C.2). Entretanto, como é observado na Figura 3, houve aumento da emissão de CO₂ ao longo dos anos, sendo que 2016 se mostra atípico. Essa queda é resposta principalmente da diminuição da massa de plástico na composição do MSW queimado.

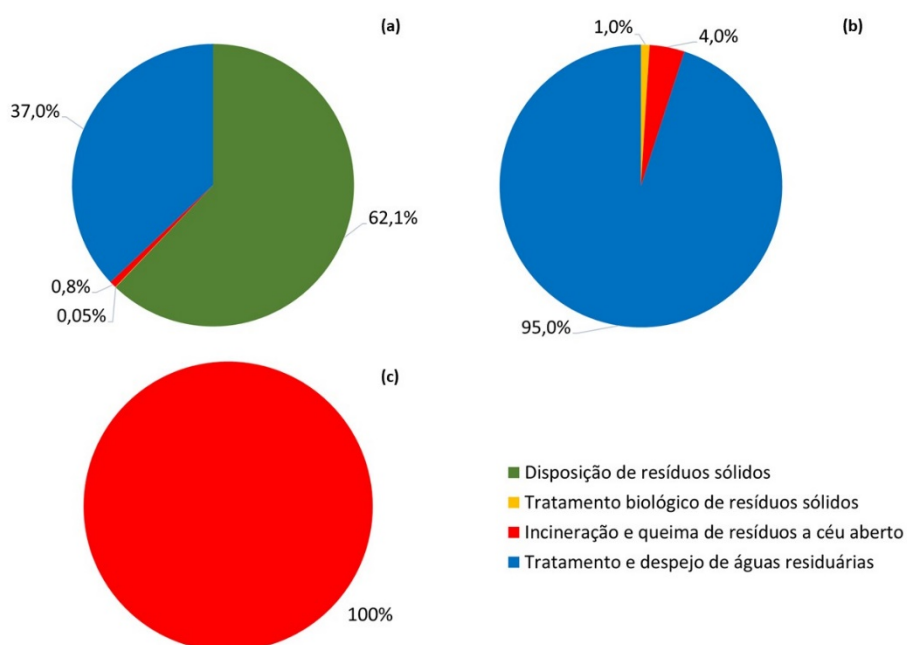
O aumento da emissão de CO₂ ao longo do tempo é função do aumento da população geradora de MSW e CW e do aumento da participação de componentes do MSW cuja concentração de carbono fóssil é elevada, como é o caso dos plásticos. Conforme a Figura 3, a massa de plástico descartada pela população brasileira passou de 2.351 Gg em 1990 para 10.234 Gg em 2014, caindo para 3.809 Gg em 2016.

Figura 3. Emissões nacionais de CO₂ do setor Resíduos.



Políticas de incentivo à coleta seletiva e à reciclagem vêm crescendo no Brasil, entretanto ainda são incipientes. De acordo com o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do SNIS, em 2016, em média 13,6 kg hab⁻¹ de resíduos recicláveis secos eram coletados seletivamente e 7,2 kg hab⁻¹ eram recuperados, ao passo que 343 kg hab⁻¹ de MSW eram gerados.

Figura 4. Contribuição dos subsetores para as emissões totais do setor de Resíduos em 2016: a) CH₄; b) N₂O; c) CO₂.



1. INTRODUÇÃO

O tratamento e a disposição final de resíduos podem resultar em emissões de gases de efeito estufa (GEE), tais como metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e dióxido de carbono (CO₂). No Brasil, a maioria dos resíduos sólidos não é tratada, sendo diretamente encaminhados para sua disposição final, como descarte em locais de disposição final de resíduos sólidos (SWDS, aterros sanitários, aterros controlados ou vazadouros). A reciclagem por meio da compostagem, bem como o reaproveitamento energético por meio da incineração, ainda é incipiente. As águas residuárias, por sua vez, são tratadas apenas por processos físicos (gradeamento e decantação) ou também por processos biológicos (aeróbios ou anaeróbios). O principal GEE emitido por esse setor é o CH₄, devido à alta concentração de matéria orgânica em decomposição em SWDS e em locais de tratamento de águas residuárias, locais onde ocorre anaerobiose.

O setor de Resíduos não tem se configurado como um importante gerador de GEE no contexto nacional, representando apenas 4% do total de emissões (54.127 Gg CO₂e) no Terceiro Inventário Nacional. Os principais emissores são a disposição de resíduos sólidos municipais (MSW) e o tratamento de águas residuárias domésticas (DWW).

Embora esses sejam os principais emissores, vale destacar que o saneamento básico do país ainda tem muito a ser melhorado. No Brasil, 92% da população são atendidos pela rede de coleta de MSW. Deles, 49% ainda são enviados para lixões e aterros controlados. Somente 1% do total da fração orgânica coletada é reaproveitada como fertilizante por meio da compostagem. Ainda mais preocupante é a situação quanto à coleta e tratamento de DWW. Apenas 57% da população têm o esgoto coletado; e deles, somente 67% são tratados, de forma que apenas 38% da população possuem esgoto coletado e tratado.

De forma geral, as informações necessárias para realização das estimativas de emissões decorrentes da disposição final de MSW e do tratamento e destino de DWW estão disponíveis. Porém, destaca-se a dificuldade em sua obtenção em formatos que possam ser diretamente utilizados, assim como a variabilidade de alguns no tempo, o que tornou trabalhoso e complexo seu uso. Por diversas vezes foi necessário realizar o cruzamento de informações de diferentes bases de dados, para que fossem obtidos os dados utilizados nos cálculos das estimativas.

No caso de resíduos industriais, as informações são escassas. Com isso, os dados foram obtidos de forma indireta, a partir da produção industrial. Uma importante fonte de dados foi identificada: o Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras (RAPP) do Ibama. Entretanto, a forma como a informação se encontra nesse banco de dados tornou impossível seu uso nesta atualização, embora esforços tanto do próprio Ibama quanto da equipe tenham se concentrado nesse sentido. Espera-se que adequações possam ser realizadas para que esses dados sejam empregados na próxima atualização do inventário.

As estimativas de emissões de GEE apresentadas neste relatório foram obtidas a partir da metodologia indicada nos Guias para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC (IPCC, 2006), volume 5, capítulos 1 a 6.

A organização da apresentação das estimativas calculadas foi baseada nas Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima - IPCC (IPCC, 2006; v. 5, ch. 1, fig. 1.1), onde o setor Resíduos tem seus subsetores categorizados conforme segue:

5.A Subsetor Disposição de Resíduos Sólidos

5.A.1 Disposição de resíduos em locais manejados

5.A.2 Disposição de resíduos em locais não manejados

5.A.3 Disposição de resíduos em locais não categorizados

5.B Subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos

5.C Subsetor Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto

5.C.1 Incineração de resíduos

5.C.2 Queima de resíduos a céu aberto

5.D Subsetor Tratamento e Despejo de Águas Residuárias

5.D.1 Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas

5.D.2 Tratamento e despejo de águas residuárias industriais

2. DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

2.1 Metodologia

O subsetor está dividido em 3 categorias: disposição de resíduos em locais manejados (5.A.1)¹, disposição de resíduos em locais não manejados (5.A.2) e disposição de resíduos em locais não categorizados (5.A.3). Nas Diretrizes do IPCC 2006 (v. 5, ch. 3, item 3.2.3, tab. 3.1), a descrição dos locais de disposição final (*solid waste disposal sites - SWDS*) indica uma classificação para aterros sanitários (*Managed - anaerobic*), mas não especifica classificação para aterros controlados e vazadouros. Dessa forma, aterros controlados e vazadouros foram classificados como “não categorizados”, uma vez que não existem características desses locais suficientes para possibilitar classificação em qualquer outra categoria. Portanto, nesta atualização do Inventário, considerou-se a existência no Brasil de apenas locais manejados (aterros sanitários) e locais não categorizados (lixões e aterros controlados).

Na Tabela 4 são apresentados os *Tiers* utilizados e gases inventariados para as categorias do subsetor Disposição de Resíduos Sólidos (5.A).

Tabela 4. *Tiers* aplicados e gases inventariados nos cálculos das emissões do subsetor 5.A - Disposição de Resíduos Sólidos.

Setor/Subsetor/Categoria		Gases e <i>Tiers</i> inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos			
5.A.1	Disposição de resíduos em locais manejados	N.A.	2	N.A.
5.A.2	Disposição de resíduos em locais não manejados	N.A.	N.A.	N.A.
5.A.3	Disposição de resíduos em locais não categorizados	N.A.	2	N.A.

N.A. - não aplicável (*not applicable*).

As equações utilizadas para cálculo das emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos foram as indicadas pelo IPCC 2006, volume 5, capítulo 3:

As emissões de metano (CH₄) provenientes dos SWDS do subsetor 5.A foram calculadas de acordo com a Equação 1 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 3, eq. 3.1, p. 3.8):

$$CH_4 \text{ Emissions} = \left[\sum_x CH_4 \text{ generated}_{x,T} - R_T \right] * (1 - OX_T) \quad (1)$$

em que:

¹ A categorização e nomenclatura dos subsetores e categorias de emissão do setor Resíduos foram baseadas no IPCC 2006, com algumas adequações pontuais para a realidade do país.

$CH_4 generated_{x,T}$, CH_4 gerado no local de disposição final (Gg); x, tipo de resíduo/material; T, ano inventariado; R_T , CH_4 recuperado no ano T (Gg); OX_T , fator de oxidação no ano T.

A geração de CH_4 depende da massa de carbono orgânico degradável decomponível (DDOCm), que foi calculada a partir da Equação 2 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 3, eq. 3.2, p. 3.9):

$$DDOCm = W * DOC * DOC_f * MCF \quad (2)$$

em que:

DDOCm, massa de carbono orgânico degradável decomponível (Gg); W, massa de resíduo depositado (Gg); DOC, carbono orgânico degradável no ano de deposição, fração (Gg C Gg resíduo⁻¹); DOC_f , fração de DOC que decompõe; MCF, fator de correção de CH_4 para decomposição aeróbia no ano da deposição (fração).

Uma vez estabelecida a massa de material orgânico que é depositada anualmente nos SWDS, foram estimados os valores anuais de matéria orgânica acumulada (DDOCma_T) e decomposta (DDOCm decomp_T) nos SWDS a partir dos modelos de decaimento de primeira ordem apresentados na Equação 3 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 3, eq. 3.4, p. 3.9) e na Equação 4 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 3, eq. 3.5, p. 3.9):

$$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} * e^{-k}) \quad (3)$$

$$DDOCm decomp_T = DDOCma_{T-1} * (1 - e^{-k}) \quad (4)$$

em que:

DDOCma_T, DDOCm acumulado no SWDS ao final do ano T (Gg); DDOCma_{T-1}, DDOCm acumulado no SWDS ao final do ano T-1 (Gg); DDOCmd_T, DDOCm depositado no SWDS no ano T (Gg); DDOCm decomp_T, DDOCm decomposto no SWDS no ano T (Gg); k, constante de reação, $k = \ln(2)/t_{1/2}$ (ano⁻¹); $t_{1/2}$, tempo de meia-vida (ano); T, ano inventariado.

Os dados de CH_4 gerado anualmente nos SWDS ($CH_4 generated_T$) foram estimados de acordo com a Equação 5 (IPCC, 2006, v. 5, ch. 3, eq. 3.6, p. 3.10):

$$CH_4 generated_T = DDOCm decomp_T * F * 16/12 \quad (5)$$

em que:

$CH_4 generated_T$, quantidade de CH_4 gerada a partir do material decomposto; DDOCm decomp_T, matéria orgânica degradável decomposta no ano T (Gg); F, fração de CH_4 (volume) no gás de aterro gerado; 16/12, fração molecular CH_4/C .

2.2 Dados de atividade

Os dados de atividade necessários para o cálculo das emissões de GEE do setor de resíduos foram compilados por meio de revisão bibliográfica da literatura nacional e internacional, órgãos oficiais brasileiros, setor privado, bem como de valores-padrão do IPCC 2006.

Resíduos sólidos municipais - MSW

A geração anual de MSW (MSW, toneladas/ano) foi obtida através do produto entre as variáveis população total (habitantes) e geração *per capita* de MSW ($MSW_{percapita}$, kg hab/ano), conforme Equação 6:

$$MSW_{(i)} = Pop_{total(i)} * MSW_{percapita(i)} * 10^{-3} \quad (6)$$

em que:

$MSW_{(i)}$ é a geração anual de MSW ($Mg \text{ ano}^{-1}$) pela população total da UF i no ano observado; $Pop_{total(i)}$ é a população total (habitantes) da UF i ; $MSW_{percapita(i)}$ é a geração *per capita* de MSW ($kg \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) na UF i .

População total - P

Os dados de população total por unidade federativa (UF) foram obtidos nas pesquisas de Censo Demográfico (1970; 1980; 1991; 2000; 2010), Estimativas da População (1992 a 1995; 1997 a 1999; 2001 a 2009; 2011 a 2016) e Contagem da População (1996; 2007), todas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Para os anos faltantes (décadas de 1970 e 1980; 1990; 1994) a população total foi estimada (Pop_{est}) em função dos anos e pode ser calculada de acordo com a Equação 7:

$$Pop_{est} = (a * \text{ano}^2) + (b * \text{ano}) + c \quad (7)$$

em que:

Pop_{est} é a população total estimada (habitantes); ano, valor do ano em que se deseja a estimativa da população; a, b, c são coeficientes da equação polinomial de grau 2 (Tabela 5).

A estimativa da população total respeita o sinal do intercepto e dos coeficientes e varia os anos de 1970 até 2016. A série histórica da população total da UF foi obtida pela união dos dados observados nas estatísticas oficiais e dos dados estimados para os anos faltantes.

Tabela 5. Coeficientes das equações ajustadas para cada UF, utilizadas para estimar as lacunas de dados da série histórica de população total.

UF	a*	b	c	R ² ajus.
AC	140,5	-546.534	531.484.488	0,992
AL	-169,7	715.032	-748.285.104	0,991
AM	444,9	-1.705.900	1.634.971.020	0,992
AP	220,8	-864.567	846.475.652	0,987
BA	-1.503,0	6.156.073	-6.287.031.818	0,983
CE	185,1	-631.966	530.861.072	0,989
DF	184,2	-683.152	631.390.753	0,995
ES	147,6	-537.044	486.951.979	0,988
GO	593,2	-2.269.132	2.170.381.577	0,995
MA	-6,7	112.689	-193.035.890	0,995
MG	-27,3	323.400	-519.762.404	0,988
MS	30,7	-86.591	52.456.037	0,996
MT	-332,1	1.383.476	-1.436.248.624	0,994
PA	51,2	-68.625	-61.491.901	0,996
PB	-36,7	180.068	-210.054.659	0,991
PE	185,5	-647.674	561.238.685	0,993
PI	-297,9	1.221.449	-1.248.294.836	0,990
PR	635,9	-2.436.180	2.338.422.540	0,980
RJ	-276,3	1.270.736	-1.421.982.766	0,988
RN	79,2	-274.174	234.150.888	0,994
RO	-488,1	1.980.863	-2.007.851.897	0,964
RR	87,4	-337.640	325.828.622	0,986
RS	-997,9	4.081.718	-4.161.661.891	0,979
SC	441,1	-1.671.523	1.583.931.837	0,996
SE	49,8	-168.187	139.037.659	0,994
SP	-3.010,3	12.584.575	-13.091.129.229	0,993
TO	81,9	-304.356	282.455.626	0,987

* Os valores dos coeficientes a, b e c exemplificados neste documento têm arredondamento teórico. Para estimativa dos valores de população utilizados no cálculo, verificar valores reais na planilha de cálculo.

Geração de MSW per capita - $MSW_{percapita}$

Não existem dados nacionais sobre geração *per capita* de MSW ($Mg\ hab^{-1}\ ano^{-1}$). Desse modo, a variável foi calculada pela razão entre a quantidade de MSW coletada e a população atendida com serviço de coleta, conforme a Equação 8:

$$MSW_{percapita(i)} = MSW_{coletado(i)} / Pop_{coleta(i)} \quad (8)$$

em que:

$MSW_{percapita(i)}$ é a geração *per capita* de MSW ($Mg\ hab^{-1}\ ano^{-1}$) na UF *i*; $MSW_{coletado(i)}$ é a massa anual de MSW coletado ($Mg\ ano^{-1}$) na UF *i*; $Pop_{coleta(i)}$ é a população atendida com coleta de resíduos sólidos (habitantes) na UF *i*.

Dados estaduais da massa total de MSW coletada (MSW_{coletado}) e da população atendida com serviço de coleta (Pop_{coleta}) estão disponíveis nas pesquisas Limpeza Pública e Remoção de Lixo (IBGE, 1980a; 1980b; 1988) e Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - PNSB (IBGE, 1994; 2000; 2008), bem como no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (MCID, 2018). Os valores de $MSW_{\text{percapita}}$ obtidos por meio das pesquisas citadas podem ser observados na Tabela 6. As lacunas de dados dos anos entre as pesquisas foram supridas por meio da estimativa do *MSW per capita* (Apêndice A, Tabela 35.).

Tabela 6. Dados de geração *per capita* de MSW ($\text{kg hab}^{-1} \text{d}^{-1}$) das principais pesquisas brasileiras sobre saneamento.

UF	1977	1980	1983	1989	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Média UF
	----- kg MSW $\text{hab}^{-1} \text{d}^{-1}$ -----																			
AC	0,29	0,03	0,47	0,67	0,87	0,36	0,43	0,55	0,56	1,21	0,65	0,67	0,57	1,11	1,20	0,75	1,18	1,07	0,94	0,71
AL	0,12	0,22	0,26	0,43	0,87	0,81	0,74	1,31	1,57	1,47	1,42	1,21	1,32	1,40	1,25	1,48	1,14	1,76	1,10	1,05
AM	1,08	0,78	0,39	0,88	1,12	1,87	1,21	1,23	1,30	2,30	1,35	1,47	1,66	1,36	1,31	1,21	1,27	1,37	1,18	1,28
AP	0,06	0,32	0,22	1,38	0,96	0,73	0,81	0,86	0,56	0,58	0,99	0,59	0,67	0,58	0,54	0,50	0,59	0,65	0,99	0,66
BA	0,38	0,23	0,27	0,53	0,82	0,81	0,80	0,78	0,78	0,78	0,89	0,81	0,84	0,88	0,96	0,99	0,98	0,99	0,99	0,76
CE	0,24	0,17	0,28	1,05	0,82	1,36	0,71	1,19	0,90	1,41	1,29	1,27	1,23	1,21	1,45	1,46	1,54	1,46	1,33	1,07
DF	0,49	0,78	0,54	0,57	1,25	1,68	1,64	1,70	1,79	1,94	2,35	2,40	2,26	2,19	1,45	1,83	1,60	0,86	0,81	1,48
ES	0,18	0,22	0,40	0,56	0,92	0,72	0,74	0,68	0,70	0,75	0,67	0,80	0,80	1,05	0,82	1,15	0,83	1,00	0,81	0,73
GO	0,44	0,48	0,70	0,54	0,87	0,83	0,84	0,79	0,54	0,82	0,99	0,96	0,97	1,03	0,88	0,98	1,02	1,03	0,98	0,83
MA	0,02	0,08	0,14	0,20	0,60	1,06	1,50	1,03	1,10	0,99	2,68	1,07	0,52	0,99	1,33	1,05	1,14	1,53	0,93	0,95
MG	0,20	0,28	0,55	1,06	0,80	0,85	1,06	0,87	0,75	0,80	0,80	0,83	0,77	0,76	0,87	0,80	0,79	0,81	0,79	0,76
MS	-	0,39	0,38	0,60	0,85	0,56	0,68	0,72	0,74	0,73	0,76	0,79	0,90	0,94	0,90	0,98	1,46	1,03	0,99	0,78
MT	0,58	0,70	0,29	0,35	0,82	0,73	0,54	0,59	0,61	0,67	0,67	0,92	0,80	0,88	0,90	1,14	1,17	1,05	1,08	0,76
PA	0,08	0,15	0,13	0,50	0,90	0,55	0,51	0,63	0,58	0,62	0,95	0,92	0,71	1,06	1,10	1,06	1,09	1,02	1,01	0,71
PB	0,60	0,25	0,41	0,39	0,86	1,39	1,09	2,16	1,34	1,53	1,04	0,68	1,09	0,95	0,82	0,80	0,75	0,92	0,96	0,95
PE	0,10	0,26	1,03	0,78	0,80	1,21	1,08	1,12	1,21	1,07	1,07	0,79	0,76	0,92	1,09	1,10	1,18	1,04	1,11	0,93
PI	0,05	0,22	0,23	0,31	0,82	0,71	0,53	0,98	0,69	1,35	0,69	1,12	1,61	1,46	1,54	1,28	1,33	1,39	1,18	0,92
PR	0,25	0,25	0,31	0,46	0,78	0,67	0,80	0,86	0,85	0,81	0,79	0,90	0,79	0,80	0,80	0,80	0,79	0,80	0,80	0,70
RJ	0,62	0,57	0,60	0,68	1,13	1,26	1,28	1,23	1,27	1,22	1,35	0,94	0,95	1,00	1,17	1,17	1,29	1,19	1,14	1,06
RN	0,28	0,31	0,38	0,70	0,88	1,81	1,19	1,41	1,44	1,29	1,25	1,49	0,82	1,21	0,99	1,25	1,27	1,23	1,09	1,07
RO	0,04	0,02	0,14	0,35	0,60	0,82	0,48	2,50	0,78	0,79	0,97	1,08	0,89	0,93	1,02	0,99	0,76	0,97	0,76	0,78
RR	0,69	0,01	0,21	0,25	0,60	1,93	2,39	2,86	2,90	3,04	2,92	3,13	3,21	2,20	0,91	2,00	1,34	1,60	1,65	1,78
RS	0,29	0,27	1,81	0,55	0,73	0,67	0,68	0,74	0,71	0,71	1,15	0,78	0,85	0,67	0,77	0,81	0,77	0,82	0,76	0,77
SC	0,20	0,22	0,75	0,54	0,87	0,64	0,66	0,67	0,65	0,67	0,67	0,67	0,73	0,74	0,75	0,75	0,74	0,76	0,76	0,65
SE	0,27	0,19	0,25	0,66	0,76	0,82	1,58	0,87	0,93	0,91	0,96	0,95	0,76	0,96	0,98	1,05	1,06	1,07	0,99	0,84
SP	0,55	0,63	0,59	0,80	1,20	0,64	0,81	0,84	0,84	0,87	0,99	0,92	0,86	0,88	0,91	0,90	0,98	0,90	0,86	0,84
TO	-	-	-	0,25	0,79	1,99	0,54	0,70	0,64	0,97	0,41	1,40	1,41	1,19	0,84	1,02	1,04	1,03	0,90	0,80
Média Brasil	0,31	0,30	0,43	0,59	0,86	1,02	0,94	1,11	0,99	1,12	1,14	1,10	1,06	1,09	1,02	1,09	1,08	1,09	1,00	0,91

Fonte: Limpeza Pública e Remoção de Lixo (IBGE, 1980a, 1980b, 1988); Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - PNSB (IBGE, 1994; 2000; 2008); Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (MCID, 2018; período de 2003 a 2016, exceto 2008).

Fração de destinação final

A fração de MSW que é enviada para os SWDS foi obtida a partir das pesquisas de saneamento já citadas (IBGE, 1988; 1994; 2000; 2008), que explicitam a quantidade destinada a SWDS, pátios de compostagem e incineradores. Em média, 1% do MSW coletado é enviado à compostagem, sendo o restante enviado aos SWDS, não existindo incineração de MSW no Brasil (Tabela 7).

Tabela 7. Dados de destinação de MSW das principais pesquisas brasileiras sobre saneamento.

Ano	Vazadouro	Aterro controlado	Aterro sanitário	Compostagem
	----- fração -----			
1983	0,60	0,13	0,26	0,01
1989	0,50	0,22	0,24	0,03
2000	0,31	0,23	0,42	0,04
2008	0,18	0,16	0,66	0,01

Fonte: Limpeza Pública e Remoção do Lixo (IBGE, 1988); Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - PNSB (IBGE, 1994; 2000; 2008).

Resíduos de serviços de saúde - CW

A geração anual de resíduos de serviços de saúde (CW, Mg ano⁻¹) foi obtida anualmente para cada UF, entre 1990 e 2016, a partir dos dados disponíveis na PNSB (IBGE, 2000; 2008). Nessa pesquisa estão contidas as informações sobre quais os municípios que coletam e destinam CW, bem como a massa de CW coletada por eles (Tabela 8).

Uma vez que a informação sobre a população geradora de CW não está contida na PNSB, foi assumida a premissa de que a massa coletada de CW é proporcional à população do município com coleta. Logo, a população total do município foi utilizada como população geradora (Tabela 8). A população geradora de CW de cada UF (Pop_{CW}) resulta da soma da população dos municípios com coleta e destinação.

Para preencher a lacuna de dados, a massa anual de CW coletada em cada UF (CW, Mg ano⁻¹) foi estimada por meio do produto entre população geradora de CW e a taxa *per capita* anual (Equação 9):

$$CW_{(i)} = Pop_{CW(i)} * CW_{percapita(i)} \quad (9)$$

em que:

$CW_{(i)}$ é a geração anual de CW (Mg ano⁻¹) pela população dos municípios com coleta de CW da UF i no ano observado; $Pop_{CW(i)}$ é a população dos municípios com coleta de CW (habitantes) da UF i ; $CW_{percapita(i)}$ é a geração *per capita* de CW (kg hab⁻¹ ano⁻¹) na UF i .

Primeiramente, foi encontrada a relação entre a população total da UF e a população geradora para os anos 2000 e 2008, uma vez que não são todos os municípios da UF que possuem coleta e destinação de CW (Equação 10):

$$\text{Pop}_{\text{frac}(i)} = \text{Pop}_{\text{CW}(i)} / \text{Pop}_{\text{total}(i)} \quad (10)$$

em que:

$\text{Pop}_{\text{frac}(i)}$ é a fração da população da UF i atendida com serviço de coleta de CW no ano observado (adimensional); $\text{Pop}_{\text{CW}(i)}$ é a população dos municípios com coleta de CW (habitantes) da UF i ; $\text{Pop}_{\text{total}(i)}$ é a população total residente na UF i no ano observado.

Para suprir as lacunas na série histórica, as frações de cada UF observadas para o ano 2000 foram mantidas nos anos anteriores (até 1990) e as frações observadas em 2008 foram mantidas nos anos posteriores (até 2016), sendo que entre os anos 2000 e 2008 foi realizada interpolação linear.

De posse da fração da população da UF que é atendida com coleta de CW, foi calculada a população da UF atendida com serviço de coleta (Pop_{CW}) para os anos faltantes (Equação 11):

$$\text{Pop}_{\text{CW}(i)} = \text{Pop}_{\text{total}(i)} / \text{Pop}_{\text{frac}(i)} \quad (11)$$

em que:

$\text{Pop}_{\text{CW}(i)}$ é a população dos municípios com coleta de CW (habitantes) da UF i ; $\text{Pop}_{\text{total}(i)}$ é a população total residente na UF i no ano da estimativa; $\text{Pop}_{\text{frac}(i)}$ é a fração da população da UF i atendida com serviço de coleta de CW no ano da estimativa (adimensional).

O mesmo procedimento foi adotado para estimar a taxa *per capita* anual de CW em cada UF. A taxa *per capita* de geração de CW observada para cada UF foi calculada pela razão entre massa coletada e população geradora nos anos 2000 e 2008 (Equação 12):

$$\text{CW}_{\text{percapita}(i)} = \text{CW}_{\text{coletado}(i)} / \text{Pop}_{\text{CW}(i)} \quad (12)$$

em que:

$\text{CW}_{\text{percapita}(i)}$ é a taxa de geração *per capita* de CW ($\text{Mg hab}^{-1} \text{ano}^{-1}$) na UF i ; $\text{CW}_{\text{coletado}(i)}$ é a massa anual de CW coletado (Mg ano^{-1}) na UF i ; $\text{Pop}_{\text{CW}(i)}$ é a soma da população dos municípios que possuem coleta de CW (habitantes) na UF i .

Para suprir as lacunas na série histórica, as taxas estaduais observadas para o ano 2000 foram mantidas nos anos anteriores (até 1990) e as taxas estaduais observadas em 2008 foram mantidas nos anos posteriores (até 2016), sendo que entre os anos 2000 e 2008 foi realizada interpolação linear.

Não foi possível utilizar os dados de CW da série histórica do SNIS (RS044 - Quantidade total de RSS coletada pelos agentes executores; IN036 - Massa de RSS coletada *per capita* em relação à população urbana), uma vez que apresentam alta variabilidade ao longo do tempo na mesma UF, impossibilitando o ajuste a um modelo para estimar os dados faltantes. Por várias vezes, um mesmo município declara valores discrepantes de um ano para outro, possivelmente pela troca do responsável por responder o questionário ou pela troca de empresa contratada para realizar a coleta e fornecer as informações de CW à municipalidade, entre outros. Portanto, decidiu-se utilizar os dados do PNSB, que, embora mais escassos, são censitários. Entretanto, apesar do caráter censitário da PNSB, foi observado para 2008 o dobro da geração de CW observada em 2000, um fato que chama a atenção.

Tabela 8. População total (Pop_{total}), população atendida com coleta (Pop_{cw}), massa coletada e destinada (CW) e massa *per capita* (CW_{percapita}) de resíduos de serviços de saúde (CW) nas UF, nos anos 2000 e 2008.

UF	Pop _{total}		Pop _{cw}		CW		CW _{percapita}	
	2000	2008	2000	2008	2000	2008	2000	2008
	----- habitantes -----				----- Mg -----		kg hab ⁻¹	
AC	557.882	680.075	383.417	641.120	949	10.447	2,5	16,3
AL	2.827.856	3.127.560	2.183.662	1.507.318	7.884	35.810	3,6	23,8
AM	2.817.253	3.341.094	2.035.582	2.843.740	10.403	42.681	5,1	15,0
AP	477.032	613.166	296.194	588.412	14.637	6.065	49,4	10,3
BA	13.085.768	14.502.563	8.886.768	10.015.049	58.437	265.841	6,6	26,5
CE	7.431.597	8.450.528	2.595.639	7.675.549	12.848	126.651	4,9	16,5
DF	2.051.146	2.557.159	2.051.146	2.557.159	9.052	15.453	4,4	6,0
ES	3.097.497	3.453.646	2.710.174	3.242.343	9.125	53.850	3,4	16,6
GO	5.004.196	5.844.995	2.943.483	5.607.237	24.638	105.185	8,4	18,8
MA	5.657.553	6.305.537	3.090.572	4.634.046	23.871	124.236	7,7	26,8
MG	17.905.135	19.850.060	8.131.828	18.621.298	145.818	416.636	17,9	22,4
MS	2.078.070	2.336.060	895.568	2.159.647	5.694	60.723	6,4	28,1
MT	2.505.245	2.957.735	1.109.584	2.294.319	8.724	65.912	7,9	28,7
PA	6.195.965	7.321.490	4.403.069	5.823.606	14.673	105.435	3,3	18,1
PB	3.444.794	3.742.604	400.043	2.842.554	5.767	64.925	14,4	22,8
PE	7.929.153	8.734.196	4.683.467	7.630.143	30.587	124.730	6,5	16,3
PI	2.843.427	3.119.698	456.914	2.528.992	7.848	75.939	17,2	30,0
PR	9.564.643	10.590.171	3.865.769	9.155.987	34.164	191.917	8,8	21,0
RJ	14.392.106	15.872.362	11.904.509	15.711.740	40.552	229.962	3,4	14,6
RN	2.777.509	3.106.436	436.548	2.925.703	17.885	83.144	41,0	28,4
RO	1.380.952	1.493.565	665.264	1.159.348	6.643	19.385	10,0	16,7
RR	324.397	412.783	308.387	20.657	986	733	3,2	35,5
RS	10.187.842	10.855.228	1.883.922	8.079.147	19.674	187.429	10,4	23,2
SC	5.357.862	6.052.587	2.311.987	5.481.028	17.338	118.626	7,5	21,6
SE	1.784.829	1.999.374	247.114	1.671.082	5.950	41.770	24,1	25,0
SP	37.035.455	41.011.638	26.285.174	38.217.107	947.759	644.284	36,1	16,9
TO	1.157.690	1.280.513	658.614	1.125.434	4.563	34.018	6,9	30,2
Brasil	169.872.854	189.612.823	95.824.398	164.759.765	1.486.463	3.251.785	11,9	21,3

Fonte: Pesquisa Nacional do Saneamento Básico - PNSB (IBGE, 2000; 2008).

Lodo de esgoto doméstico - S-DWW

Considerou-se que toda a massa de lodo de esgoto proveniente do tratamento de águas residuárias domésticas (S-DWW; Mg DBO ano⁻¹) gerada é depositada em SWDS. A massa de S-DWW depositada em SWDS é proveniente do cálculo do “componente orgânico removido como lodo- S”, subsetor 5.D.1 (Figura 21).

2.3 Parâmetros e fatores de emissão

Carbono orgânico degradável - DOC

Um parâmetro muito importante para o cálculo das emissões do subsetor 5.A é a composição dos resíduos enviados aos SWDS. Essa composição é a que indica a fração de carbono orgânico degradável (DOC) passível de decomposição e de transformação em CH₄. O valor de DOC é o produto entre a composição gravimétrica (percentual de papel, têxteis, restos de alimento, madeira, restos de poda, fralda descartável, borracha e couro, vidro, metal, plástico, outros, etc.) e a massa de carbono existente em cada fração (IPCC, 2006; v. 5, ch. 3, p. 3.13, equação 3.7).

Novos valores de composição gravimétrica do MSW foram compilados da literatura acadêmica (artigos científicos, anais de congresso, livros e teses) e de planos estaduais de resíduos sólidos, atualizando o conjunto de dados utilizado no Terceiro Inventário Nacional (MCTI, 2015). Atualmente o conjunto cobre o período entre 1963 e 2018, totalizando 520 observações municipais distribuídas entre aproximadamente 92 referências (Apêndice A, Tabela 29).

A partir dos dados médios observados na literatura, foi realizada a interpolação linear das séries municipais de composição gravimétrica, cálculo da média ponderada pela população dos respectivos municípios em cada ano para cada um dos níveis (estadual, regional e nacional) e seleção da composição gravimétrica referente ao nível hierárquico mais baixo disponível em cada ano para cada UF. O resumo dos valores da série histórica de cada UF podem ser observados na Tabela 9.

Dessa forma, quando havia observação para a UF no ano avaliado, o valor médio foi utilizado (UF - estadual). Não havendo valor médio para a UF no ano avaliado, foi utilizado o valor médio da região demográfica (RE - regional). Não havendo dado médio para a região demográfica no ano avaliado, foi utilizado o valor médio nacional (BR - nacional).

Apesar de o procedimento de cálculo utilizado ter fragilidades, como maior variabilidade ao longo da série temporal, os quais não existiriam mediante a interpolação linear simples, ele consegue preservar a proporção de cada fração dentro do total e garante que a soma das frações será sempre 100%. Outro ponto a se destacar relacionado à composição gravimétrica de MSW é o contraste do número de referências existentes para cada região. As regiões Sul e Sudeste são as que têm maior número de informações sobre caracterização de MSW, de modo que suas estimativas são mais acuradas. As

regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste carecem de informações, o que incorre na maior variabilidade ao longo do tempo.

Foram utilizados valores-padrão do conteúdo de carbono de cada fração gravimétrica de MSW (IPCC, 2006; v. 5, ch. 2, p. 2.14, Tabela 2.4) e para CW (IPCC, 2006; v. 5, ch. 2, p. 2.16, Tabela 2.6). Para calcular o conteúdo de carbono do lodo de esgoto doméstico (S-DWW) a partir da massa de DBO disposta, foi utilizado o fator de conversão de 0,333 kg C kg⁻¹ DBO.

Constante de geração de metano - k

A constante de geração de CH₄ ($k = \ln(2)/t_{1/2}$) é um parâmetro adimensional utilizado nos modelos de decaimento de primeira ordem (FOD) e está relacionada com o parâmetro meia-vida ($t_{1/2}$), que é o tempo necessário para que metade da massa inicial do DOC do resíduo depositado seja decomposta. Valores distintos de k estão associados à composição do resíduo e ao regime de temperatura e umidade da região em que o SWDS está localizado. Não foram identificados valores nacionais de k. Desse modo, foram utilizados os valores médios-padrão correspondentes ao decaimento das frações gravimétricas de MSW e da composição média de CW e S-DWW nas distintas regiões climáticas, conforme reproduzido na Tabela 10.

Tabela 9. Composição gravimétrica do MSW nas UF brasileiras, para o período entre 1970 e 2016. Média (mín. - máx.).

UF	Papel*	Têxteis	Restos de Alimento	Madeira	Restos de poda	Fralda descartável	Borracha e Couro	Plásticos	Outros
	----- Percentual (%) -----								
AC	22,5 (10,0 - 33,7)	1,2 (0 - 2,6)	45,2 (19,1 - 58,7)	2,0 (0 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	0,1 (0 - 1,1)	0,6 (0 - 1,7)	9,9 (1,5 - 18,0)	18,1 (7,7 - 39,8)
AL	19,3 (6,2 - 33,7)	1,8 (0 - 3,2)	46,4 (19,1 - 72,7)	1,5 (0 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	-	0,4 (0 - 1,2)	10,2 (1,5 - 21,4)	19,7 (10,6 - 36,1)
AM	22,7 (10,0 - 33,7)	1,3 (0 - 2,6)	45,0 (19,1 - 58,7)	2,1 (0,1 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	0,1 (0 - 1,1)	0,6 (0 - 1,7)	10,0 (1,5 - 18,5)	17,9 (7,7 - 39,8)
AP	22,4 (10,0 - 33,7)	1,2 (0 - 2,6)	45,1 (19,1 - 58,7)	2,0 (0 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	0,1 (0 - 1,1)	0,6 (0 - 1,7)	9,8 (1,5 - 18,0)	18,4 (7,7 - 39,8)
BA	19,1 (5,3 - 33,7)	1,8 (0 - 4,2)	46,0 (19,1 - 72,7)	1,2 (0 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	0,7 (0 - 6,5)	0,4 (0 - 1,5)	10,4 (1,5 - 21,7)	19,8 (8,9 - 36,1)
CE	19,1 (2,4 - 33,7)	1,6 (0 - 4,2)	46,0 (19,1 - 72,7)	1,2 (0 - 4,6)	0,6 (0 - 1,9)	0,3 (0 - 3,4)	0,4 (0 - 0,9)	9,6 (1,5 - 16,4)	21,0 (10,6 - 43,6)
DF	21,8 (11,7 - 33,7)	1,7 (0,1 - 3,6)	37,7 (19,1 - 51,3)	1,7 (0,1 - 4,6)	-	-	1,2 (0,1 - 2,6)	3,8 (0,2 - 7,5)	31,6 (24,3 - 36,6)
ES	22,0 (10,7 - 33,7)	1,2 (0 - 2,5)	47,7 (19,1 - 63,4)	1,1 (0 - 4,6)	0,6 (0 - 2,2)	0,1 (0 - 1,1)	0,3 (0 - 1,2)	10,2 (1,5 - 20,9)	16,5 (8,0 - 36,1)
GO	21,1 (4,5 - 33,7)	2,0 (0 - 5,9)	40,2 (19,1 - 68,2)	1,7 (0 - 4,6)	0,1 (0 - 1,1)	0,1 (0 - 2,7)	1,1 (0 - 2,6)	6,1 (0,2 - 16,4)	27,3 (5,9 - 37,4)
MA	18,9 (5,8 - 33,7)	1,6 (0 - 4,2)	47,0 (19,1 - 76,2)	1,1 (0 - 4,6)	0,6 (0 - 1,9)	0,4 (0 - 3,4)	0,4 (0 - 0,9)	9,7 (1,5 - 16,4)	20,2 (5,9 - 36,1)
MG	20,8 (8,8 - 33,7)	1,1 (0 - 2,0)	49,0 (19,1 - 68,1)	0,9 (0 - 4,6)	0,7 (0 - 4,5)	0,1 (0 - 1,1)	0,2 (0 - 0,6)	9,2 (1,5 - 20,9)	18,2 (3,4 - 41,7)
MS	20,3 (11,4 - 33,7)	2,0 (0 - 4,7)	44,8 (19,1 - 66,4)	1,6 (0 - 4,6)	0,1 (0 - 0,9)	0,1 (0 - 0,8)	1,0 (0 - 2,6)	7,8 (0,2 - 18,4)	22,1 (1,8 - 38,0)
MT	21,0 (10,7 - 33,7)	3,1 (0 - 12,1)	35,5 (19,1 - 51,3)	1,9 (0 - 4,6)	0,8 (0 - 6,0)	-	1,1 (0 - 2,6)	7,9 (0,2 - 16,7)	28,4 (7,2 - 47,1)
PA	22,1 (4,0 - 33,7)	1,2 (0 - 2,6)	44,8 (19,1 - 58,7)	1,9 (0 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	0,1 (0 - 1,1)	0,6 (0 - 1,7)	9,7 (1,5 - 18,0)	19,3 (7,7 - 43,2)
PB	18,9 (3,7 - 33,7)	1,7 (0 - 5,9)	46,7 (19,1 - 72,7)	1,2 (0 - 4,6)	0,5 (0 - 1,9)	0,7 (0 - 7,9)	0,4 (0 - 0,9)	9,4 (0 - 24,8)	20,3 (8,1 - 39,3)
PE	19,6 (6,2 - 33,7)	1,4 (0 - 4,2)	47,9 (19,1 - 72,7)	1,1 (0 - 4,6)	0,5 (0 - 1,9)	0,2 (0 - 3,4)	0,3 (0 - 0,7)	8,8 (1,5 - 16,4)	20,0 (10,6 - 36,1)
PI	19,1 (6,2 - 33,7)	1,7 (0 - 4,2)	46,1 (19,1 - 72,7)	1,2 (0 - 4,6)	0,6 (0 - 1,9)	0,4 (0 - 3,4)	0,4 (0 - 0,9)	9,8 (1,5 - 16,4)	20,5 (10,6 - 36,1)
PR	18,2 (8,6 - 33,7)	1,8 (0 - 4,3)	43,1 (19,1 - 67,1)	1,0 (0 - 4,6)	1,2 (0 - 11,9)	0,8 (0 - 8,4)	0,8 (0 - 2,8)	10,1 (1,5 - 18,2)	23,2 (12,0 - 40,1)
RJ	27,0 (11,1 - 44,0)	1,8 (0 - 4,3)	41,0 (0 - 61,4)	1,6 (0 - 7,1)	2,0 (0 - 5,9)	0,1 (0 - 1,1)	0,4 (0 - 1,0)	11,7 (1,5 - 21,1)	14,4 (5,1 - 50,0)
RN	19,0 (5,1 - 33,7)	1,9 (0 - 4,2)	42,0 (19,1 - 72,7)	1,2 (0 - 4,6)	1,6 (0 - 10,6)	0,2 (0 - 3,4)	0,4 (0 - 0,7)	9,9 (1,5 - 16,4)	23,7 (10,6 - 41,9)
RO	22,4 (10,0 - 33,7)	1,2 (0 - 2,6)	45,2 (19,1 - 58,7)	2,0 (0 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	0,1 (0 - 1,1)	0,6 (0 - 1,7)	10,0 (1,5 - 18,0)	18,1 (7,7 - 39,8)
RR	22,5 (10,0 - 33,7)	1,2 (0 - 2,6)	45,0 (19,1 - 58,7)	2,0 (0 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	0,1 (0 - 1,1)	0,6 (0 - 1,7)	10,0 (1,5 - 19,0)	18,2 (7,7 - 39,8)
RS	18,5 (10,0 - 33,7)	2,6 (0,1 - 8,5)	42,6 (19,1 - 58,4)	1,1 (0 - 4,6)	0,9 (0 - 11,9)	0,6 (0 - 8,4)	0,7 (0 - 2,8)	9,5 (1,5 - 20,9)	23,7 (9,0 - 40,1)
SC	19,9 (11,2 - 33,7)	2,1 (0,4 - 4,3)	40,7 (19,1 - 59,3)	1,1 (0,1 - 4,6)	1,8 (0 - 11,9)	1,3 (0 - 8,4)	1,0 (0,1 - 2,8)	10,9 (1,5 - 18,1)	21,3 (8,5 - 40,1)
SE	19,1 (6,2 - 33,7)	1,9 (0 - 9,1)	46,2 (19,1 - 72,7)	1,1 (0 - 4,6)	0,6 (0 - 1,9)	0,4 (0 - 3,4)	0,4 (0 - 0,9)	10,0 (1,5 - 18,5)	20,3 (4,8 - 36,1)
SP	19,1 (9,2 - 30,5)	1,6 (0 - 9,7)	50,0 (31,0 - 68,8)	1,0 (0 - 4,3)	0,1 (0 - 1,6)	0,1 (0 - 5,2)	0,2 (0 - 0,9)	11,1 (1,5 - 21,7)	16,8 (2,2 - 37,6)
TO	22,4 (6,9 - 33,7)	1,2 (0 - 2,6)	45,5 (19,1 - 79,6)	1,9 (0 - 4,6)	0,4 (0 - 1,9)	0,1 (0 - 1,1)	0,6 (0 - 1,7)	10,0 (1,5 - 25,2)	17,9 (4,0 - 39,8)

* Os valores representados são os observados e estimados a partir da literatura nacional conforme descrito no texto. Mais detalhes na Tabela 36 e Tabela 37. Revisão

bibliográfica da composição gravimétrica municipal no Brasil.do Apêndice A.

Tabela 10. Valores-padrão recomendados para a taxa de geração de metano (k) em estimativas de nível metodológico *Tier 1*.

Velocidade de decomposição	Tipo de resíduo	Temperado		Tropical	
		Seco	Úmido	Seco	Úmido
k					
Lenta	Papel e Papelão	0,04	0,06	0,045	0,07
	Têxteis	0,04	0,06	0,045	0,07
	Madeira	0,02	0,03	0,025	0,035
	Borracha e Couro	0,02	0,03	0,025	0,035
Moderada	Podas	0,05	0,10	0,065	0,17
	Fraldas	0,05	0,10	0,065	0,17
Rápida	Restos de Alimento	0,06	0,185	0,085	0,40
	S-DWW	0,06	0,185	0,085	0,40
Mistura	MSW	0,05	0,09	0,065	0,17
	ISW-CW	0,05	0,09	0,065	0,17

Fonte: IPCC 2006, v. 5, ch. 3, p. 3.17, Tabela 3.3.

A classificação da região climática na qual cada município brasileiro está inserido foi realizada por meio das variáveis climáticas temperatura média anual (MAT), precipitação média anual (MAP) e potencial de evapotranspiração (PET), conforme preconizado em IPCC 2006. Os dados municipais dessas variáveis foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia (INMET, 2015) para a série histórica de 1970 a 2010. Para a classificação, foi utilizado apenas o valor médio de cada variável da série histórica do município.

A partir da classificação dos municípios, foi realizado o cálculo da representatividade da população residente em cada região climática em relação à população total da UF, anualmente, de 1970 a 2016. Tal cálculo deve ser realizado uma vez que os municípios possuem taxas de crescimento populacional distintas, de modo que a cada ano representam uma parcela distinta dentro da população total. De modo geral, 100% da população da região Norte estão sob regime de clima tropical úmido, como pode ser observado na Tabela 11, enquanto Minas Gerais tem a população distribuída sob todos os climas avaliados. Outro ponto de destaque é a inexistência de qualquer município sob regime de clima temperado seco no Brasil.

Fator de correção de metano - MCF

O fator de correção de metano (MCF) está associado à qualidade de operação do local de disposição final. Quanto maior o gerenciamento, maior a capacidade de promover anaerobiose e, conseqüentemente, de geração e emissão de CH₄. No Brasil, o MSW é destinado para aterros sanitários, classificados como local manejado anaeróbico (MCF = 1,0); e aterros controlados e vazadouros (lixões), classificados como locais não categorizados (MCF = 0,6; IPCC, 2006; v. 5, ch. 3, Tabela 3.1, p. 3.14).

O nível de gerenciamento dos SWDS brasileiros foi obtido desde 1970 por meio do mapeamento das unidades de aterro sanitário existentes e suas respectivas datas de início de operação. Dados sobre o

tipo de unidade de disposição final de resíduos sólidos utilizada por cada município brasileiro no ano de 2015 foram obtidos junto ao Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - Sinir (MMA, 2015), por meio da pesquisa sobre o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PGIRS. De acordo com o Sinir, 1.048 municípios destinavam seus resíduos para aterros sanitários em 2015 (MMA, 2015).

A data de início de operação dos aterros sanitários foi extraída do banco de dados sobre “Unidades de Processamento” do SNIS, sendo o registro mais antigo o do aterro localizado em Ponta Grossa/PR, operando desde 1969 (MCID, 2018). A partir do cruzamento dessas informações foi possível calcular anualmente a fração da população estadual que destinava MSW para aterro sanitário (Tabela 12) por meio da razão entre a população dos municípios que possuíam aterro sanitário e a população total da UF para o ano avaliado. A fração da população que envia MSW para aterros controlados e vazadouros foi calculada anualmente por diferença.

Tabela 11. Fração da população residente nas UF segundo a classificação climática, para os anos 1970, 1980, 1990, 2000 e 2016.

UF	1970			1980			1990			2000			2016		
	Temperado	Tropical		Temperado	Tropical		Temperado	Tropical		Temperado	Tropical		Temperado	Tropical	
	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido	Úmido	Seco	Úmido
AC	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
AL	-	0,37	0,63	-	0,36	0,64	-	0,36	0,64	-	0,33	0,67	-	0,31	0,69
AM	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
AP	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
BA	-	0,57	0,43	-	0,55	0,45	-	0,55	0,45	-	0,53	0,47	-	0,51	0,49
CE	-	0,65	0,35	-	0,61	0,39	-	0,61	0,39	-	0,55	0,45	-	0,54	0,46
DF	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
ES	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
GO	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
MA	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
MG	0,06	0,07	0,87	0,06	0,06	0,88	0,06	0,06	0,88	0,06	0,06	0,89	0,05	0,05	0,89
MS	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
MT	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
PA	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
PB	-	0,71	0,29	-	0,68	0,32	-	0,68	0,32	-	0,61	0,39	-	0,59	0,41
PE	-	0,42	0,58	-	0,41	0,59	-	0,41	0,59	-	0,39	0,61	-	0,40	0,60
PI	-	0,35	0,65	-	0,34	0,66	-	0,34	0,66	-	0,30	0,70	-	0,28	0,72
PR	0,35	-	0,65	0,44	-	0,56	0,44	-	0,56	0,51	-	0,49	0,52	-	0,48
RJ	0,01	-	0,99	0,01	-	0,99	0,01	-	0,99	0,01	-	0,99	0,01	0,01	0,98
RN	-	0,74	0,26	-	0,70	0,30	-	0,70	0,30	-	0,62	0,38	-	0,60	0,40
RO	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
RR	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
RS	0,84	-	0,16	0,85	-	0,15	0,85	-	0,15	0,89	-	0,11	0,91	-	0,09
SC	0,84	-	0,16	0,83	-	0,17	0,83	-	0,17	0,87	-	0,13	0,88	-	0,12
SE	-	0,36	0,64	-	0,33	0,67	-	0,33	0,67	-	0,28	0,72	-	0,26	0,74
SP	0,05	-	0,95	0,05	-	0,95	0,05	-	0,95	0,05	-	0,95	0,05	-	0,95
TO	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00	-	-	1,00
Brasil	0,13	0,15	0,72	0,13	0,14	0,73	0,12	0,14	0,74	0,13	0,12	0,75	0,12	0,12	0,76

Fonte: dados médios (1970 a 2010) municipais de temperatura média anual - MAT, precipitação média anual - MAP e potencial de evapotranspiração - PET (INMET, 2015); dados de população total residente (IBGE, 1991; 2019a).

Tabela 12. Fração da população com acesso a locais manejados de disposição de resíduos sólidos (aterros sanitários) em relação à população atendida com coleta de MSW.

UF	1970			1980			1990			2000			2016		
	Temperado Úmido	Tropical		Temperado Úmido	Tropical		Temperado Úmido	Tropical		Temperado Úmido	Tropical		Temperado Úmido	Tropical	
		Seco	Úmido		Seco	Úmido		Seco	Úmido		Seco	Úmido		Seco	Úmido
AC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57
AL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36
AM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,63
BA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	0,39	-	0,14	0,34
CE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09	0,05	-	0,09	0,04
DF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ES	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	-	-	0,60	-	-	0,49
GO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	0,19
MA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MG	-	-	-	-	-	0,43	-	-	0,25	-	-	0,29	0,02	-	0,37
MS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,49
MT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35	-	-	0,35
PA	-	-	-	-	-	-	-	-	0,77	-	-	0,41	-	-	0,33
PB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	0,03	0,29
PE	-	-	-	-	0,06	-	-	0,04	0,09	-	0,04	0,08	-	0,15	0,17
PI	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66	-	-	0,60	-	0,01	0,42
PR	0,17	-	-	0,06	-	0,10	0,29	-	0,07	0,26	-	0,15	0,31	-	0,32
RJ	-	-	-	-	-	0,07	-	-	0,62	-	-	0,55	-	0,01	0,75
RN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,15	0,28
RO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20
RR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RS	-	-	-	0,01	-	-	0,05	-	-	0,39	-	-	0,43	-	0,01
SC	-	-	-	-	-	-	0,15	-	-	0,21	-	0,04	0,43	-	0,05
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
SP	-	-	-	-	-	0,39	0,02	-	0,40	0,02	-	0,50	0,03	-	0,69
TO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	-	-	0,45
Brasil	0,07	-	-	0,05	0,03	0,27	0,24	0,02	0,33	0,39	0,07	0,39	0,50	0,22	0,52

Fonte: adaptado de Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - Sinir (MMA, 2015); Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (MCID, 2018); IBGE (1994; 2000; 2008; 2019d; 2019e); Inmet (2015). O símbolo “-” significa que não havia população com acesso a aterro sanitário naquela UF, ano e clima.

Carbono orgânico degradável decomponível - DOCf

Não existem dados nacionais da fração de carbono orgânico degradável decomponível (DOCf), portanto foi utilizado o valor-padrão 0,5 indicado para países em desenvolvimento, conforme descrito nas Diretrizes IPCC 2006 (IPCC, 2006).

Fração de metano gerado em locais de disposição - F

A fração de CH₄ no gás de aterro (F) utiliza o valor-padrão de 0,5 (IPCC, 2006) em todo o período inventariado, uma vez que dados nacionais são escassos.

Fator de oxidação - OX

Independentemente do gerenciamento do SWDS, para todos os anos estimados foi utilizado o valor-padrão zero para o fator de oxidação (OX). Dois valores de OX são apresentados nas Diretrizes IPCC 2006, zero e 0,1. Este último é recomendado apenas para locais muito bem gerenciados, em que os resíduos são diariamente cobertos com material que permita a oxigenação e oxidação do CH₄, ou mesmo pela injeção de ar nas camadas superficiais, manejo inexistente no Brasil.

Metano recuperado - R

Os dados de metano recuperado (R) anualmente são provenientes dos relatórios de verificação dos projetos de queima de gás de aterro sob o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (em inglês, *Clean Development Mechanism* - CDM) do Protocolo de Quioto, dentro da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, 2019). Existem projetos MDL certificados entre os anos 2005 a 2016 (Tabela 13).

Tabela 13. Metano recuperado em projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) para atenuação do impacto das emissões de GEE provenientes de aterros sanitários.

Cód. Projeto UNFCCC	Projeto (Inglês)	Município	UF	R*
				---- Mg CH ₄ ----
4211	Manaus Landfill Gas Project	Manaus	AM	92.782
0052	FEIRA DE SANTANA LANDFILL GAS PROJECT	Salvador	BA	169.424
0893	CANABRAVA LANDFILL GAS PROJECT SALVADOR, BAHIA, BRASIL	Salvador	BA	452
1626	FEIRA DE SANTANA LANDFILL GAS PROJECT	Feira de Santana	BA	1.612
1491	CTRVV Landfill emission reduction project Vila Velha, ES, Brazil	Vila Velha	ES	5.125
0137	Brazil Marca Landfill Gas to Energy Project	Cariacica	ES	4.944
7110	Uberlândia landfills I and II	Uberlândia	MG	15.278
3464	Exploitation of the biogas from controlled landfill in solid waste management central - CTRS / BR.040	Belo Horizonte	MG	26.533
0888	Aurá Landfill Gas Project	Belém	PA	119.734
1165	PROBIOGAS-JP - João Pessoa Landfill Gas Project	João Pessoa	PB	2.585
3958	CTR Candeias Landfill Gas Project	Recife	PE	23.731
6573	Caixa Econômica Federal Solid Waste Management and Carbon Finance Project	Seropédica	RJ	32.565
0008	Brazil NovaGerar Landfill Gas to Energy Project	Nova Iguaçu	RJ	54.937
0648	Central de Resíduos do Recreio Landfill Gas Project (CRRLGP)	Minas do Leão	RS	112.553
1506	PROACTIVA Tijuquinhas Landfill Gas Capture and Flaring Project	Biguaçu	SC	45.345
5947	CTL Landfill Gas Project	São Paulo	SP	160.591
0027	OXYX SASA Landfill Gas Recovery Project Tremembé, BRAZIL	Tremembé	SP	18.802
0091	Landfill gas to energy project at Lara landfill, Mauá, Brazil	Mauá	SP	89.932
0164	Bandeirantes Landfill Gas to Energy Project	São Paulo	SP	230.132
0165	ESTRE's Paulínia Landfill Gas Project (EPLGP)	Paulínia	SP	208.448
0171	CTR Caieiras - SP Brazil	Caieiras	SP	284.693
0226	Anaconda Landfill Gas Project	Santa Isabel	SP	3.133
0373	São João Landfill Gas to Energy Project (SJ)	São Paulo	SP	137.769
0911	ESTRE Itapevi Landfill Gas Project (EILGP)	Itapevi	SP	21.525
1133	Terrestre Ambiental Landfill Gas Project	Santos	SP	28.073
1134	ESTRE PEDREIRA LANDFILL GAS PROJECT	Tremembé	SP	93.630
1179	Embralixo/Araúna - Bragança Landfill Gas Project	Bragança Paulista	SP	11.954
1247	URBAM/ARAÚNA LANDFILL GAS PROJECT (UALGP)	São José dos Campos	SP	16.198
1636	Alto-Tietê landfill gas capture project	Itaquaquecetuba	SP	20.697

* Metano recuperado (R): valor acumulado desde o início de operação do projeto.

2.4 Resultados

A geração de CH₄ associada à disposição de resíduos sólidos em aterros sanitários, aterros controlados e vazadouros (lixões) partiu de zero (0) no ano de 1970 e alcançou 2.004 Gg em 2016, conforme mostra a Tabela 14, apresentando taxa média de crescimento de 13,4% ao ano (Figura 5)².

Tabela 14. Emissões totais de CH₄ do subsetor Disposição de Resíduos Sólidos, para o período de 1990 a 2016.

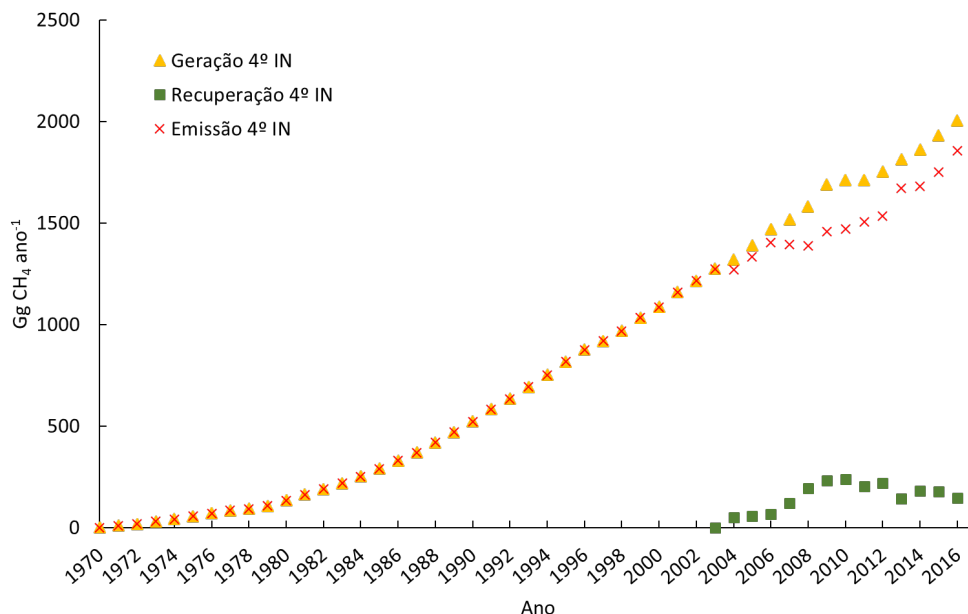
Subsetor/Categoria		1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
		----- Gg CH ₄ -----						----- % -----	
5.A	Disposição de Resíduos Sólidos	523,1	817,8	1.086,5	1.334,2	1.470,2	1.857,4	39	26
5.A.1	Disposição de resíduos em locais manejados	181,3	294,7	421,3	578,0	610,2	874,9	51	43
5.A.2	Disposição de resíduos em locais não manejados	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	-	-
5.A.3	Disposição de resíduos em locais não categorizados	341,5	523,2	665,2	756,2	860,0	982,5	30	14

N.O. - não ocorre (*not occurring*).

A recuperação do CH₄ iniciou-se no ano de 2003, reduzindo, dessa forma, parte da emissão do gás para a atmosfera (Figura 5). A taxa de crescimento anual de recuperação de CH₄ na última década inventariada (de 2006 a 2016) foi de 13,5%, contra 3,4% de taxa de aumento na geração de CH₄ nesse mesmo período. Embora a recuperação do CH₄ venha aumentando a uma taxa média anual superior à taxa de geração do gás, a quantidade de CH₄ recuperada ainda é baixa no Brasil: representou na última década inventariada de 4,6 a 14,0% do CH₄ gerado anualmente.

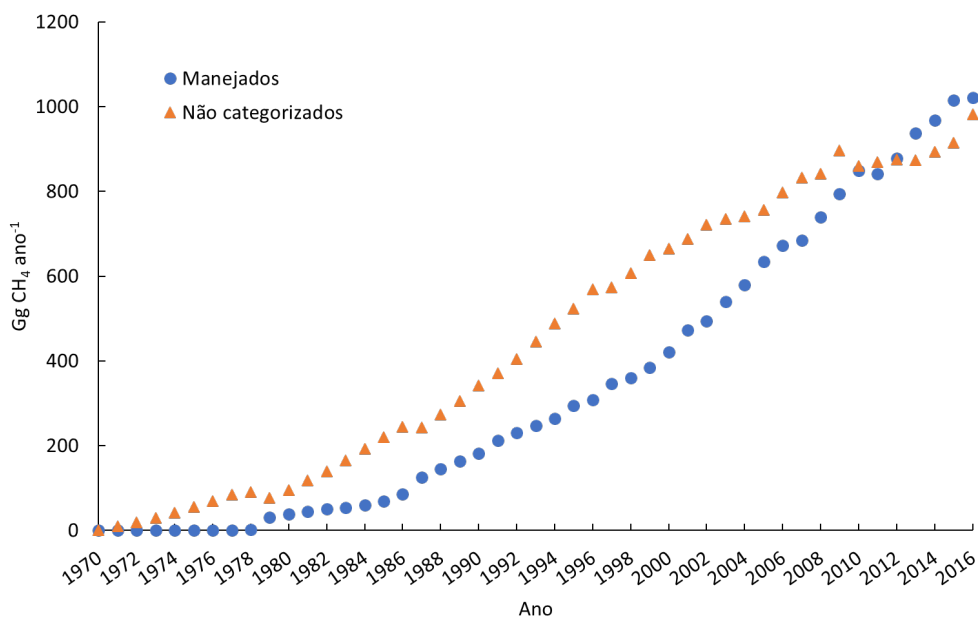
² As emissões de CH₄ por Unidade Federativa do subsetor Disposição de Resíduos Sólidos estão apresentadas na Tabela 39 do Apêndice B.

Figura 5. Geração, recuperação e emissão de metano (CH_4) em locais de disposição final de resíduos sólidos (SWDS) no Brasil, entre 1970 e 2016.



De 1970 a 2009 os locais não categorizados, ou seja, aterros controlados e vazadouros (lixões), responderam pela maior proporção das emissões de CH_4 devido à disposição final de resíduos sólidos (Figura 6). A partir de 2010 a situação começou a se inverter e em 2013 as emissões geradas em locais manejados (aterros sanitários) passaram a predominar.

Figura 6. Emissão nacional de CH_4 pela disposição final de resíduos sólidos em locais manejados (aterros sanitários) e não categorizados (aterros controlados e lixões).



Os resíduos sólidos destinados aos locais manejados e não categorizados de disposição representam a soma de resíduos sólidos municipais, resíduos de serviço de saúde e lodo de esgoto. Os resíduos de

serviço de saúde representaram de 0,4 a 1,4% da massa total disposta anualmente no Brasil, para o período avaliado, enquanto o lodo de esgoto representou somente 0,1 a 0,3% da massa disposta no mesmo período. O que se pode perceber, então, é que a quantidade de resíduos sólidos municipais foi de magnitude bastante superior às outras duas e, portanto, as emissões de CH₄ estão fortemente associadas à sua variação quantitativa e qualitativa.

As quantidades de MSW foram estimadas considerando-se a população total e a geração diária *per capita* desse tipo de resíduo. Para o presente Inventário, conforme destacado em item anterior, a geração diária *per capita* foi calculada pela razão entre a quantidade de MSW coletado e a população atendida com serviço de coleta. É importante destacar que a população brasileira servida com coleta de MSW cresceu de aproximadamente 21% em 1970 para 92% em 2016 (Figura 7).

A geração de CH₄ foi mais dependente da variação populacional no período (Figura 8a), comparativamente à produção *per capita* de resíduos (Figura 8b), evidenciando que o principal parâmetro quantitativo que regulou as emissões de CH₄ foi a população.

Figura 7. Fração da população brasileira atendida com serviço de coleta de MSW entre os anos de 1970 e 2016.

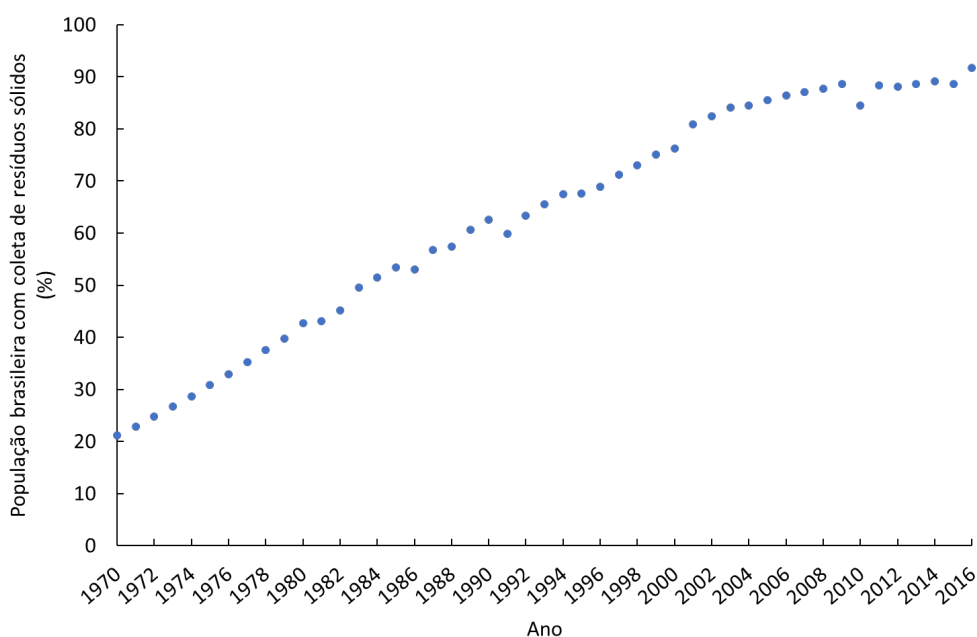
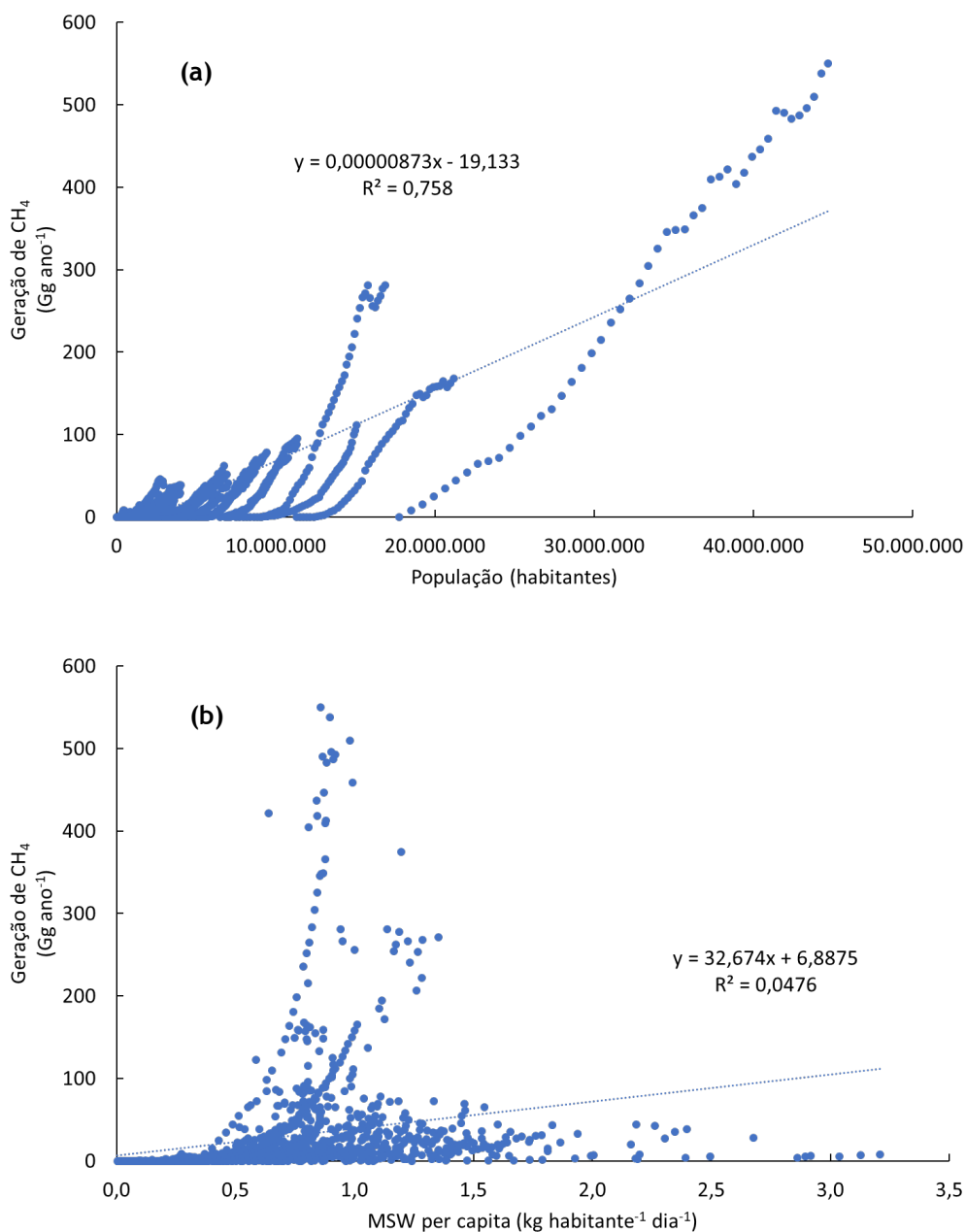


Figura 8. Correlações estatísticas entre a geração de CH₄ em SWDS no período de 1970 a 2016 e: (a) a população brasileira nas UF; e (b) a geração *per capita* de MSW.



Em termos qualitativos de composição gravimétrica, “restos de alimentos” e “papel e papelão” foram os principais componentes na geração de CH₄ pela disposição dos resíduos sólidos municipais em aterros e lixões (Figura 9). Eles responderam por valores de geração de CH₄ superiores a 93% do total gerado na destinação aqui considerada.

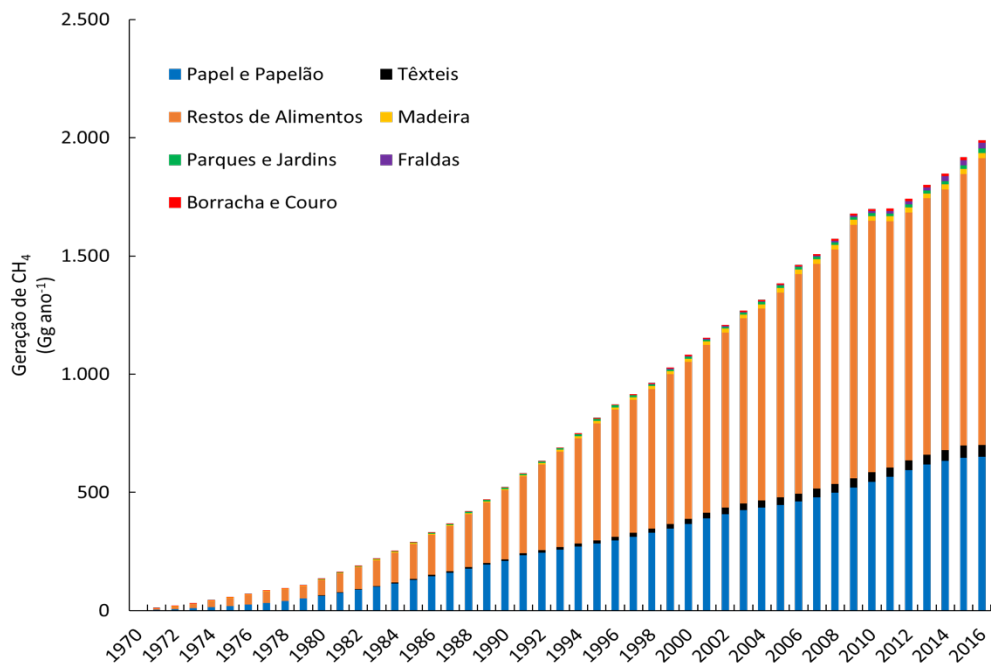


Figura 9. Geração de CH₄ discriminada em relação à composição gravimétrica de MSW no período de 1970 a 2016.

3. TRATAMENTO BIOLÓGICO DE RESÍDUOS

3.1 Metodologia

O subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (5.B) é dividido em duas categorias: compostagem (5.B.1) e digestão anaeróbia em instalações de biogás (5.B.2). A categoria digestão anaeróbia de resíduos sólidos orgânicos não será considerada neste Inventário, uma vez que recentemente essa tecnologia foi disseminada em escala comercial no Brasil, não existindo dados estatísticos robustos e representativos, portanto as estimativas serão calculadas apenas para a categoria compostagem.

Na Tabela 15 são apresentados os *Tiers* utilizados e gases inventariados para as categorias do subsetor B, Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos.

Tabela 15. *Tiers* aplicados e gases inventariados nos cálculos das emissões do subsetor 5.B - Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos.

Setor/Subsetor/Categoria		Gases e <i>Tiers</i> inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos			
5.B.1	Compostagem	N.A.	1	1
5.B.2	Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos	N.A.	N.O.	N.O.

N.A.— não aplicável (*not applicable*); N.O. - não ocorre (*not occurring*).

As equações utilizadas para cálculo das emissões provenientes do tratamento biológico de resíduos sólidos foram as indicadas pelo IPCC 2006, v. 5, ch. 4:

As emissões CH₄ e N₂O provenientes da compostagem do subsetor 5.B foram calculadas de acordo com a Equação 13 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 4, eq. 4.1, p. 4.5) e Equação 14 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 4, eq. 4.2, p. 4.5), respectivamente:

$$\text{CH}_4 \text{ Emissions} = \sum_i (M_i * EF_i) * 10^{-3} - R \quad (13)$$

$$\text{N}_2\text{O Emissions} = \sum_i (M_i * EF_i) * 10^{-3} \quad (14)$$

em que:

CH₄ *Emissions*, emissões totais de CH₄ no ano inventariado (Gg CH₄); N₂O *Emissions*, emissões totais de N₂O no ano inventariado (Gg N₂O); M_i, massa de resíduo orgânico tratada pelo tratamento biológico tipo *i* (Gg); EF_i, fator de emissão para tratamento *i* (g CH₄ kg⁻¹ resíduo tratado; g N₂O kg⁻¹ resíduo

tratado); i , compostagem ou digestão anaeróbica; R , quantidade total de CH_4 recuperada no ano inventariado (Gg CH_4).

Para se obter a massa de resíduo orgânico encaminhada para compostagem, calcularam-se as massas de MSW coletadas anualmente (produto entre população com coleta de MSW e taxa diária *per capita* de geração de MSW). As bases de dados utilizadas foram as do IBGE e do SNIS; e elas, assim como os cálculos, estão detalhadas no subsetor Disposição de Resíduos Sólidos (Subsetor 5.A).

Procedeu-se então ao cálculo da fração orgânica presente na massa de MSW coletada anualmente, somando-se as frações restos de alimentos e podas. As informações da composição gravimétrica foram obtidas a partir da literatura científica nacional (livros, teses, artigos e planos estaduais de resíduos sólidos; vide subsetor 5.A - SWD). Estimou-se, com base nos dados de destinação do MSW contidos nas PNSB de 1989, 2000 e 2008, a porcentagem média da fração orgânica enviada para compostagem (1%). Essa porcentagem foi aplicada à massa de resíduos orgânicos para calcular a massa de resíduos compostados.

As emissões de CH_4 e N_2O são resultado do produto entre massa compostada de MSW e seus respectivos fatores de emissão-padrão.

3.2 Dados de atividade

Para o cálculo das emissões de CH_4 e N_2O referentes ao subsetor 5.B é necessário o conhecimento da massa tratada por compostagem anualmente para o período entre 1990 e 2016. A massa de MSW compostada foi obtida por meio da massa de material orgânico de MSW coletado (restos de alimentos e podas; Tabela 9) e da fração do MSW tratado via compostagem (fração de destinação final).

A fração de MSW que é enviada para os SWDS foi obtida a partir das pesquisas de saneamento já citadas (IBGE, 1988; 1994; 2000; 2008), que explicitam a quantidade destinada a SWDS, pátios de compostagem e incineradores. Em média, 1% do MSW coletado é enviado à compostagem, sendo o restante enviado aos SWDS, não existindo incineração de MSW no Brasil (Tabela 7), conforme pode ser calculado pela Equação 15:

$$W_{\text{compostado}(i)} = \text{MSW}_{\text{coletado}(i)} * (f_{\text{alimentos}(i)} + f_{\text{podas}(i)}) * 0,01 \quad (15)$$

em que:

$W_{\text{compostado}(i)}$ (Mg ano^{-1}) é a massa da fração orgânica de MSW compostada na UF i para o ano avaliado; $\text{MSW}_{\text{coletado}(i)}$ (Mg ano^{-1}) é a massa coletada de MSW na UF i para o ano avaliado; $f_{\text{alimentos}(i)}$ é a fração de restos de alimentos contida no MSW coletado na UF i para o ano avaliado; $f_{\text{podas}(i)}$ é a fração de podas contida no MSW coletado na UF i para o ano avaliado; 0,01 é a fração média de compostagem de resíduos sólidos no Brasil.

A fração orgânica de MSW para cada UF e ano foi calculada utilizando as frações gravimétricas de restos de alimentos e podas.

3.3 Parâmetros e fatores de emissão

Foram utilizados os fatores de emissão (EF) padrão para CH₄ (EF-CH₄, 4,0 g kg⁻¹ MSW) e para N₂O (EF-N₂O, 0,24 g kg⁻¹ MSW) conforme as Diretrizes do IPCC 2006 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 4, p. 4.6, Tabela 4.1), uma vez que não foram encontrados valores nacionais.

3.4 Resultados

A emissões nacionais de CH₄ referentes ao tratamento biológico de resíduos sólidos urbanos (MSW) variaram entre 0,48 e 1,48 Gg ano⁻¹, com incremento ao longo do período considerado (Tabela 16 e

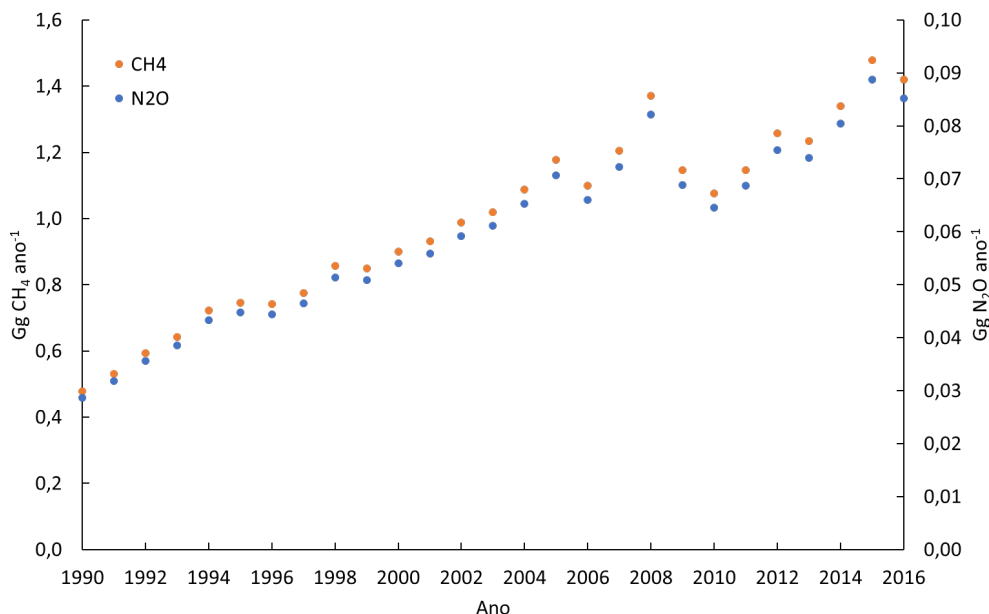
Figura 10).

Tabela 16. Emissões totais de CH₄ do subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos, para o período de 1990 a 2016.

Subsetor/Categoria		1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
		----- Gg CH ₄ -----						----- % -----	
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	0,5	0,7	0,9	1,2	1,1	1,4	21	32
5.B.1	Compostagem	0,5	0,7	0,9	1,2	1,1	1,4	21	32
5.B.2	Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	-	-

N.O. - não ocorre (*not occurring*).

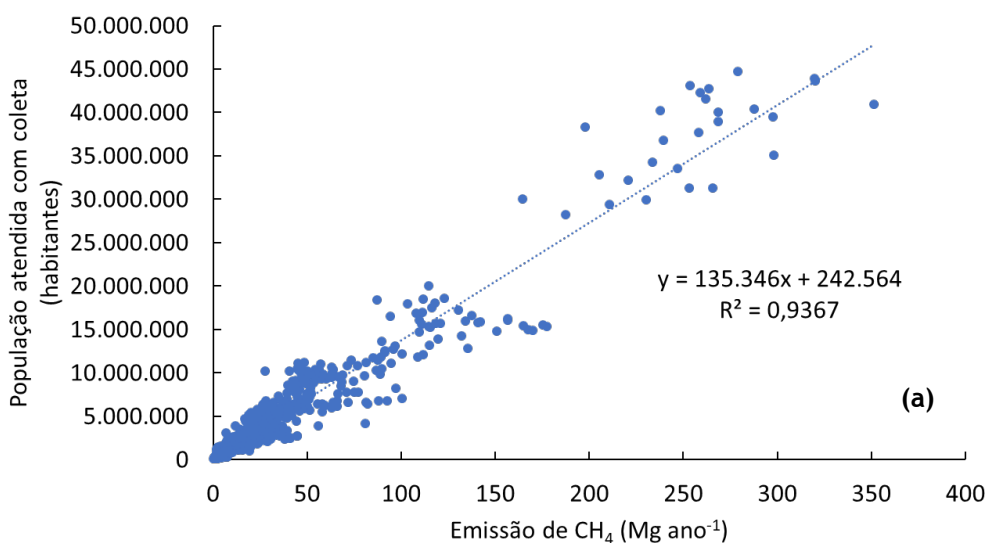
Figura 10. Emissões nacionais de CH₄ e N₂O a partir do tratamento biológico de resíduos sólidos (5.B), no período de 1990 a 2016.

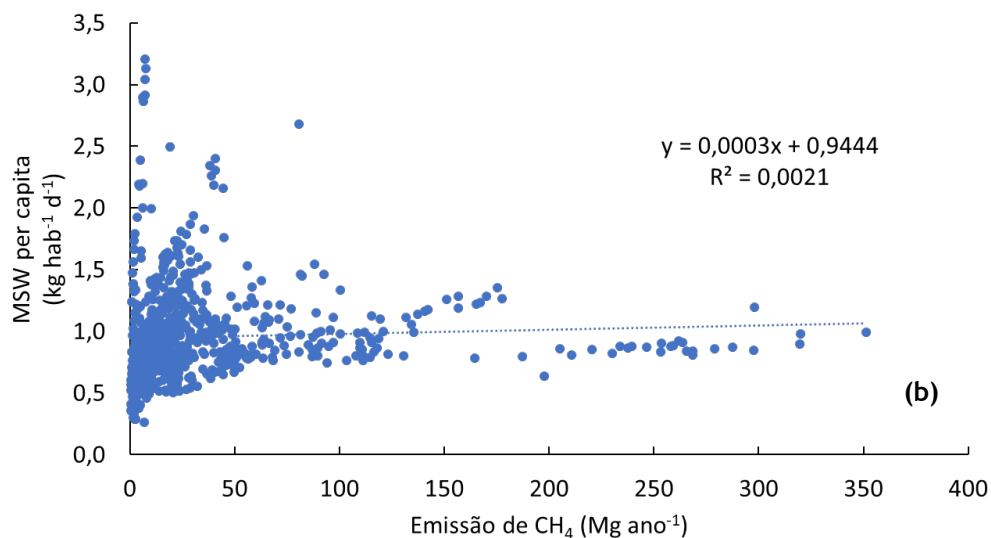


Entre os anos de 2006 e 2011 observa-se maior variabilidade das emissões, que é explicada pelo uso de bases de dados diferentes para estimar parâmetros comuns como a população atendida com coleta do MSW e a geração de MSW *per capita*, em que foram usadas informações do IBGE e do SNIS. Os dados do SNIS foram utilizados a partir de 2003.

A taxa de incremento anual das emissões de CH₄ foi correspondente a 4,5% ao ano e é explicada principalmente pela relação com a população atendida com coleta (Figura 11a), uma vez que a geração de MSW *per capita* é bastante variável no período (Figura 11b).

Figura 11. Correlações estatísticas entre a emissão anual de CH₄ devido ao tratamento biológico de resíduos sólidos urbanos (MSW) e: (a) população atendida com coleta de MSW; e (b) geração de MSW *per capita*.



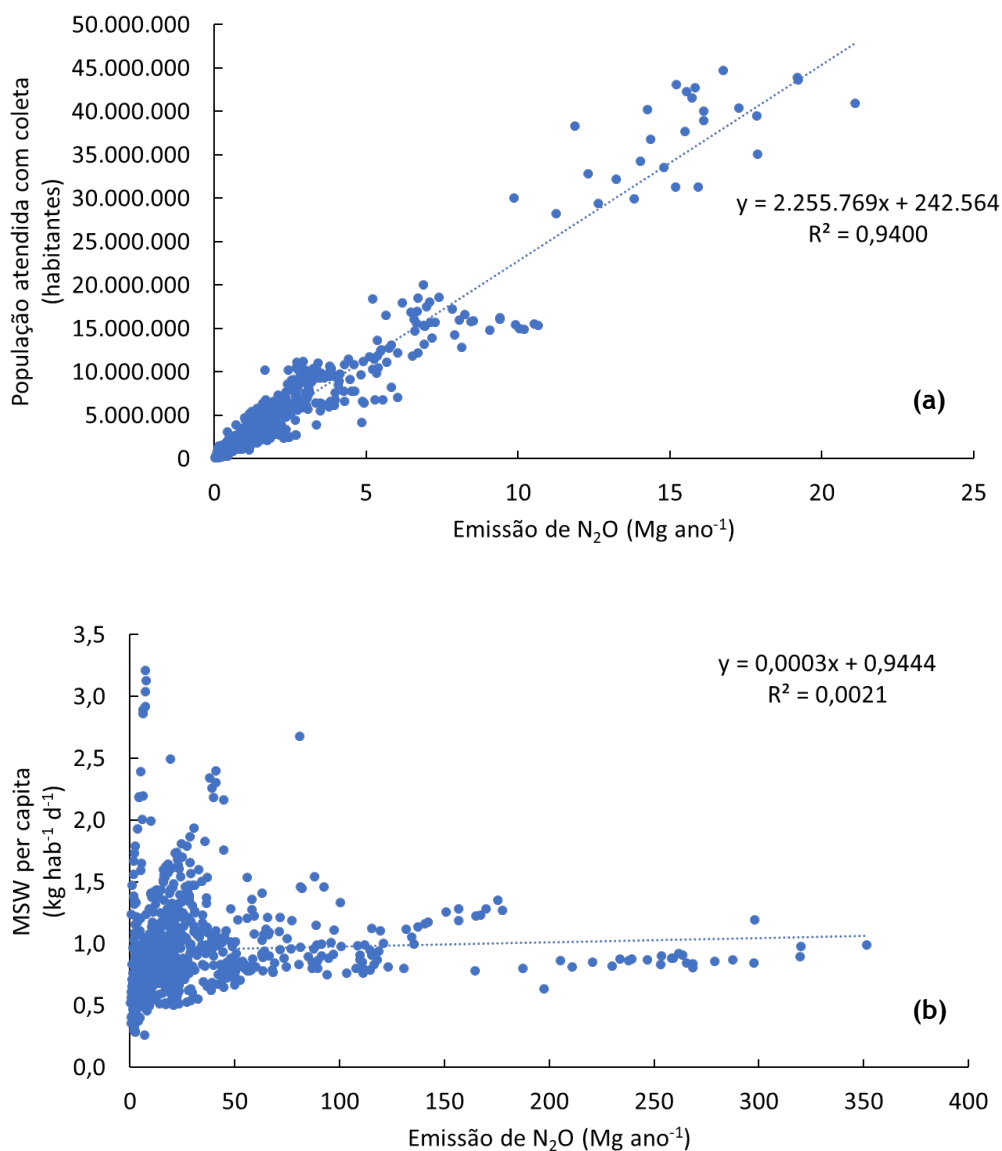


Dividindo-se o período total considerado em duas metades, ou seja, um primeiro período entre os anos 1990 e 2003 e o segundo entre 2004 e 2016, vê-se que a taxa de incremento anual para o primeiro período foi de 6,1% ao ano, enquanto para o segundo período essa taxa foi reduzida para 3,0% ao ano. Considerando-se a relação entre emissão de CH_4 e população atendida com coleta de MSW, conforme mencionado anteriormente e ilustrado na Figura 11a, no segundo período o crescimento anual da população atendida com coleta de MSW foi a uma taxa menor do que no primeiro período.

As emissões de CH_4 por estado são mostradas na Tabela 40 no Apêndice B, em que os estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais são os três maiores emissores do gás por meio do tratamento biológico do MSW, justamente porque apresentam maior fração de população atendida com coleta de MSW.

As emissões nacionais de N_2O variaram entre 0,03 e 0,09 Gg ano^{-1} no período de 1990 a 2016. A taxa de incremento anual na emissão de N_2O proveniente da compostagem de MSW foi de 4,5% ao ano, inferior ao relatado para o CH_4 , que é realmente o principal gás do efeito estufa relacionado com o setor de Resíduos.

Figura 12. Correlações estatísticas entre a emissão anual de N_2O devido a compostagem de resíduos sólidos urbanos (MSW) e: (a) população atendida com coleta de MSW; e (b) geração de MSW *per capita*.



Tal qual verificado para o CH₄, a taxa de aumento das emissões de N₂O entre 1990 e 2003 é de 6,1% ao ano e cai no segundo período, de 2004 a 2016, para 3,0% ao ano, corroborando a importância do parâmetro população atendida pela coleta de MSW. A dependência entre as emissões de N₂O e a população atendida com coleta de MSW é mostrada na Figura 12a, enquanto a independência dessas emissões em relação à geração *per capita* de MSW fica evidenciada na Figura 12b.

As emissões de N₂O são mostradas na Tabela 17. São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais são os principais emissores³ no período considerado, respondendo por $49 \pm 7\%$ das emissões nacionais de N₂O nessa atividade e o mesmo valor para as emissões de CH₄.

Tabela 17. Emissões totais de N₂O do subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos para o período de 1990 a 2016.

³ Para mais informações das emissões detalhadas de N₂O do subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos, vide Tabela 44, Apêndice B.

Subsetor/Categoria		1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
		----- Gg N ₂ O -----						----- % -----	
5.B	Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos	0,03	0,04	0,05	0,07	0,06	0,09	21	21
5.B.1	Compostagem	0,03	0,04	0,05	0,07	0,06	0,09	32	32
5.B.2	Digestão anaeróbia de resíduos sólidos	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	N.O.	-	-

N.O. - não ocorre (*not occurring*).

4. INCINERAÇÃO E QUEIMA DE RESÍDUOS A CÉU ABERTO

4.1 Metodologia

O subsetor 5.C é composto pelos dois tipos de disposição indicados por sua própria denominação: Incineração de resíduos (5.C.1) e Queima de resíduos a céu aberto (5.C.2).

Na Tabela 18 são apresentados os *Tiers* utilizados e gases inventariados para as categorias do subsetor 5.C, Incineração e queima a céu aberto de resíduos.

Tabela 18. *Tiers* aplicados e gases inventariados nos cálculos das emissões do subsetor 5.C - Incineração e queima de resíduos a céu aberto.

Setor/Subsetor/Categoria		Gases e <i>Tiers</i> inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
5.C	Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto			
5.C.1	Incineração de resíduos	2A	N.A.	1
5.C.2	Queima de resíduos a céu aberto	2A	1	1

N.A. – não aplicável (*not applicable*).

INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS (Categoria 5.C.1)

As equações utilizadas para cálculo das emissões provenientes da Incineração de resíduos foram as indicadas pelo IPCC 2006, v. 5, ch. 5.

A estimativa das emissões de dióxido de carbono (*CO₂ Emissions*) da categoria 5.C.1 Incineração de resíduos foi obtida por meio da Equação 16 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.1, p. 5.7):

$$CO_2 \text{ Emissions} = \sum_i (SW_i * dm_i * CF_i * FCF_i * OF_i) * 44/12 \quad (16)$$

em que:

CO₂ Emissions, emissões de CO₂ no ano inventariado (Gg ano⁻¹); *SW_i*, massa de resíduo sólido do tipo *i* (base úmida) incinerada (Gg ano⁻¹); *dm_i*, massa seca do resíduo (base úmida) incinerada (fração); *CF_i*, fração de carbono na massa seca (conteúdo de carbono total; fração); *FCF_i*, fração de carbono fóssil no conteúdo de carbono total; fração); *OF_i*, fator de oxidação (fração); 44/12, fator de conversão de C para CO₂; *i*, tipo de resíduo incinerado (resíduos sólidos municipais, *MSW*; resíduos sólidos industriais, *ISW*; lodos de águas residuárias, *sludge*; resíduos de serviços de saúde, *CW*; resíduos perigosos, *HW*).

A estimativa das emissões de óxido nitroso (*N₂O Emissions*) a partir da incineração de resíduos sólidos foi obtida por meio da Equação 17 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.5, p. 5.7):

$$N_2O \text{ Emissions} = \sum_i (IW_i * EF_i) * 10^{-6} \quad (17)$$

em que:

$N_2O \text{ Emissions}$, emissões de N_2O no ano inventariado ($Gg \text{ ano}^{-1}$); IW_i , massa de resíduo sólido do tipo i incinerada ($Gg \text{ ano}^{-1}$); EF_i , fator de emissão de N_2O para o tipo de resíduo i ($kg \text{ N}_2O \text{ Gg}^{-1} \text{ resíduo}$); 10^{-6} , fator de conversão de kg para Gg ; i , tipo de resíduo incinerado (resíduos sólidos municipais, *MSW*; resíduos sólidos industriais, *ISW*; lodos de águas residuárias, *sludge*; resíduos de serviços de saúde, *CW*; resíduos perigosos, *HW*).

As emissões de CH_4 não foram estimadas, uma vez que o fator de emissão-padrão para incineradores é zero (IPCC, 2006).

Na categoria Incineração geralmente são considerados resíduos de serviços de saúde (*CW*) e resíduos industriais perigosos (*HW*). Entretanto, nesta edição do Inventário Nacional foi considerada apenas a incineração de *CW*, uma vez que esse foi o único resíduo com informações provenientes de dados oficiais disponíveis (IBGE, 2000; 2008). A incineração de *CW* no Brasil é realizada como forma de destruição de microrganismos patogênicos, entretanto ainda em baixa escala. A partir dos bancos de dados disponíveis estimou-se que apenas 10% do total de resíduos de saúde coletados são incinerados.

Para realizar os cálculos das estimativas, foram obtidos os valores de massa de resíduo de saúde incinerado, a partir de informações da PNSB (IBGE, 2000; 2008). Para os demais parâmetros foram utilizados valores-padrão.

Houve uma grande dificuldade em encontrar informações acerca dos resíduos industriais (tipologia, qualidade, quantidade), os quais também podem ser incinerados. Esse foi um ponto de fragilidade levantado e que necessita de maiores esforços para as próximas edições. A incineração industrial, ou seja, a combustão realizada em incineradores com ambiente controlado de oxigenação, temperatura e pressão, não é realizada para *MSW*.

QUEIMA DE RESÍDUOS A CÉU ABERTO (Categoria 5.C.2)

As equações utilizadas para cálculo das emissões provenientes da queima a céu aberto de resíduos foram as indicadas pelo IPCC 2006, v. 5, ch. 5.

A estimativa das emissões de dióxido de carbono ($CO_2 \text{ Emissions}$) da categoria 5.C.2 Queima a céu aberto de resíduos foi obtida por meio da Equação 18 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.2, p. 5.7):

$$CO_2 \text{ Emissions} = MSW \sum_j (WF_j * dm_j * CF_j * FCF_j * OF_j) * 44/12 \quad (18)$$

em que:

$CO_2 \text{ Emissions}$, emissões de CO_2 no ano inventariado ($Gg \text{ ano}^{-1}$); MSW , massa de resíduo sólido municipal em base úmida incinerada ou queimada a céu aberto ($Gg \text{ ano}^{-1}$); WF_j , Fração gravimétrica do tipo de resíduo/componente j do MSW (em base úmida, queimada a céu aberto); dm_j , massa seca do componente j do MSW queimada a céu aberto (fração); CF_j , fração de carbono na massa seca (conteúdo de carbono total) do componente j (fração); FCF_j , fração de carbono fóssil no conteúdo de carbono total do componente j ; OF_j , fator de oxidação (fração); $44/12$, fator de conversão de C para CO_2 ; j , componente do MSW queimado a céu aberto, tal como papel/papelão, restos de alimentos, madeira, resíduos de podas e jardins, fraldas descartáveis, borracha e couro, plásticos, metal, vidro, outros resíduos inertes.

As equações para estimar as emissões de CH_4 e N_2O são as mesmas utilizadas na categoria 5.C.1. Dessa forma, a estimativa das emissões de metano ($CH_4 \text{ Emissions}$) a partir da queima de resíduos a céu aberto foi obtida por meio da Equação 19 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.4, p. 5.12):

$$CH_4 \text{ Emissions} = \sum_i (IW_i * EF_i) * 10^{-6} \quad (19)$$

em que:

$CH_4 \text{ Emissions}$, emissões de CH_4 no ano inventariado ($Gg \text{ ano}^{-1}$); IW_i , massa de resíduo sólido do tipo i incinerado ($Gg \text{ ano}^{-1}$); EF_i , fator de emissão de CH_4 agregado ($kg \text{ CH}_4 \text{ Gg}^{-1} \text{ resíduo}$); 10^{-6} , fator de conversão de kg para Gg; i , tipo de resíduo incinerado (resíduos sólidos municipais, MSW ; resíduos sólidos industriais, ISW ; lodos de águas residuárias, *sludge*; resíduos de serviços de saúde, CW ; resíduos perigosos, HW).

A estimativa das emissões de óxido nitroso ($N_2O \text{ Emissions}$) a partir da queima de resíduos a céu aberto foi obtida por meio da Equação 20 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.5, p. 5.14):

$$N_2O \text{ Emissions} = \sum_i (IW_i * EF_i) * 10^{-6} \quad (20)$$

em que:

$N_2O \text{ Emissions}$, emissões de N_2O no ano inventariado ($Gg \text{ ano}^{-1}$); IW_i , massa de resíduo sólido do tipo i incinerado ($Gg \text{ ano}^{-1}$); EF_i , fator de emissão de N_2O para o tipo de resíduo i ($kg \text{ N}_2O \text{ Gg}^{-1} \text{ resíduo}$); 10^{-6} , fator de conversão de kg para Gg; i , tipo de resíduo incinerado (resíduos sólidos municipais, MSW ;

resíduos sólidos industriais, ISW; lodos de águas residuárias, *sludge*; resíduos de serviços de saúde, CW; resíduos perigosos, HW).

A massa de MSW queimada a céu aberto (MSW_B) foi estimada a partir da Equação 21 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.7, p. 5.16):

$$MSW_B = P * P_{frac} * MSW_P * B_{frac} * 365 * 10^{-6} \quad (21)$$

em que:

MSW_B , massa total de MSW queimada a céu aberto ($Gg \text{ ano}^{-1}$); P , população (habitantes); P_{frac} , fração da população que realiza queima (fração); MSW_P , geração de resíduo por habitante ($kg \text{ hab}^{-1} \text{ d}^{-1}$); B_{frac} , fração da massa de resíduo que é queimada em relação à massa total de resíduo que é tratada (fração); 365, número de dias no ano; 10^{-6} , fator de conversão de kg para Gg.

A massa seca de MSW (dm) foi estimada a partir da Equação 22 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.8, p. 5.17):

$$dm = \sum_i (WF_i * dm_i) \quad (22)$$

em que:

dm , massa seca total do MSW; WF_i , fração do componente i do MSW; dm_i , massa seca do componente i do MSW.

O conteúdo total de carbono do MSW (CF) foi estimado a partir da Equação 23 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.9, p. 5.19):

$$CF = \sum_i (WF_i * CF_i) \quad (23)$$

CF , carbono total do MSW; WF_i , fração do componente i do MSW; CF_i , conteúdo de carbono total do componente i do MSW.

O conteúdo total de carbono fóssil do MSW (FCF) foi estimado a partir da Equação 24 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 5, eq. 5.10, p. 5.19):

$$FCF = \sum_i (WF_i * FCF_i) \quad (24)$$

FCF , carbono fóssil total do MSW; WF_i , fração do componente i do MSW; FCF_i , conteúdo de carbono fóssil do componente i do MSW.

Devido à atualização metodológica para as Diretrizes do IPCC 2006, a 4ª edição do Inventário Nacional contempla pela primeira vez o cálculo das estimativas relacionadas à queima de resíduos a céu aberto.

De modo geral, no Brasil, a população sem acesso a um sistema de coleta de MSW por parte da municipalidade tem duas opções para o descarte: queimar ou enterrar seus resíduos. No caso da queima a céu aberto, a combustão de carbono fóssil presente principalmente em embalagens plásticas é responsável pela emissão de CO₂ para a atmosfera e, por ser uma combustão realizada em ambiente não controlado, emite uma pequena fração do carbono na forma de CH₄ devido a ineficiência na aeração. Os dados utilizados foram provenientes do IBGE e a população que queima foi considerada como a população que não tem coleta e não enterra o lixo, disponível nas Pnad e Censos (IBGE, 1991; 2019a; 2019d; 2019e). Para os demais parâmetros foram utilizados valores-padrão.

4.2 Dados de atividade

INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS (Categoria 5.C.1)

Massa de CW incinerada

A geração anual de resíduos sólidos de saúde (CW_T, Mg CW ano⁻¹) foi obtida para cada UF a partir dos dados disponíveis da PNSB (IBGE, 2000; 2008; Tabela 8). A população com coleta e destinação de CW foi estimada para os anos faltantes. Primeiramente, foi encontrada a relação entre a população total da UF e a população atendida com coleta de CW para os anos 2000 e 2008, uma vez que não são todos os municípios que possuem coleta e destinação de CW. Para os anos anteriores a 2000 e posteriores a 2008, as relações encontradas para esses dois anos foram mantidas, respectivamente. Entre 2000 e 2008, foi realizada estimativa linear.

O mesmo procedimento foi adotado para estimar a taxa *per capita* anual de CW em cada UF. A taxa *per capita* observada para cada UF foi calculada pela razão entre massa coletada e população atendida com coleta de CW para os anos 2000 e 2008. A partir da taxa observada nesses dois anos, para os anos anteriores a 2000 e posteriores a 2008, os valores *per capita* de CW encontrados para esses dois anos foram mantidos, respectivamente. Entre 2000 e 2008, foi realizada estimativa linear.

Com exceção dos anos 2000 e 2008, a massa anual de CW coletada em cada UF foi estimada por meio do produto entre população atendida com coleta CW e a taxa *per capita* anual.

Por meio dos dados de destinação de CW contidos nas PNSB (IBGE, 1994; 2000; 2008), foi encontrada a fração média de incineração, que foi de 10%. Essa fração foi aplicada à massa de CW coletada anualmente para calcular a massa de CW incinerada.

QUEIMA DE RESÍDUOS A CÉU ABERTO (Categoria 5.C.2)

Dentro do escopo deste Inventário, foi considerada como massa de MSW queimada a céu aberto (MSW_B) a fração de MSW gerado pela população que não é coletado pela municipalidade e que não é enterrado. Embora nas Diretrizes IPCC 2006 também seja contemplada a queima espontânea ou proposital de resíduos nos vazadouros (IPCC, 2006), esta informação nacional é inexistente e, portanto, não foi contabilizada.

Fração da população que realiza queima - P_{frac}

A informação da população que queima MSW está presente em duas estatísticas brasileiras: a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - Pnad e o Censo, ambas do IBGE. Na Pnad, a informação da população que queima MSW está agregada à informação da população que enterra MSW. No Censo, a informação está desagregada, constando tanto a fração da população que queima exclusivamente quanto a que enterra seus resíduos. Dessa forma, foram criados dois conjuntos de dados: o conjunto com os valores anuais da população que queima e enterra MSW (PNAD, 1989-2015; IBGE, 2019d; 2019e) e o conjunto com os valores anuais da população que somente queima MSW (Censo, 1991; 2000; 2010; IBGE, 1991; 2019a).

Primeiramente foi obtida a fração da população que realiza a queima ($Frac_{queima}$) por meio da razão entre população que queima e população que queima e enterra MSW para os anos de Censo (1991, 2000 e 2010), conforme a Equação 25:

$$\frac{Pop_{queima(i)}}{Pop_{queimaenterra(i)}} = Frac_{queima(i)} \quad (25)$$

em que:

$Frac_{queima(i)}$ é a fração da população que queima MSW em relação à população que queima e enterra (adimensional) na UF i no ano avaliado; $Pop_{queima(i)}$ é a população que queima MSW (habitantes) na UF i no ano avaliado; $Pop_{queimaenterra(i)}$ é a população que queima e que enterra MSW (habitantes) na UF i no ano avaliado.

Para suprir as lacunas na série histórica, as frações estaduais da população que queima MSW observadas para o ano de 1991 foram mantidas em 1990; as taxas estaduais observadas em 2010 foram mantidas nos anos posteriores (até 2016); e, entre os anos 1991 a 2010, foi realizada interpolação linear. O segundo passo foi calcular a população que queima ($Queima_{final}$, habitantes), resultado do produto entre a população que queima e enterra observada na Pnad e as frações da população que queima obtidas com a Equação 25.

A P_{frac} , portanto, foi calculada por meio da razão entre a população que queima MSW ($queimafinal$) e a população total em cada UF, para os respectivos anos avaliados (Tabela 19).

Fração de resíduo queimado - B_{frac}

Devido à falta de valor nacional, foi utilizado o valor médio-padrão de B_{frac} de 0,6 (IPCC, 2006).

Tabela 19. Fração da população total que realiza queima de resíduos a céu aberto nas UF, entre os anos 1990 e 2016.

UF	1990	1995	2000	2005	2010	2016
AC	0,18	0,21	0,25	0,20	0,20	0,18
AL	0,02	0,06	0,11	0,13	0,16	0,15
AM	0,09	0,21	0,26	0,22	0,21	0,15
AP	0,18	0,17	0,16	0,11	0,10	0,06
BA	0,07	0,10	0,16	0,17	0,19	0,15
CE	0,07	0,10	0,12	0,15	0,18	0,20
DF	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01
ES	0,26	0,19	0,17	0,13	0,11	0,03
GO	0,32	0,21	0,13	0,09	0,07	0,00
MA	0,25	0,26	0,31	0,32	0,34	0,34
MG	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,04
MS	0,25	0,24	0,19	0,15	0,01	0,09
MT	0,26	0,19	0,17	0,14	0,12	0,10
PA	0,15	0,25	0,29	0,27	0,27	0,27
PB	0,04	0,07	0,12	0,15	0,17	0,16
PE	0,04	0,06	0,10	0,11	0,13	0,12
PI	0,17	0,18	0,24	0,26	0,30	0,29
PR	0,28	0,20	0,13	0,11	0,08	0,00
RJ	0,14	0,10	0,06	0,03	0,02	0,00
RN	0,06	0,09	0,13	0,12	0,13	0,08
RO	0,45	0,34	0,36	0,28	0,25	0,17
RR	0,22	0,20	0,20	0,18	0,18	0,12
RS	0,18	0,14	0,11	0,08	0,06	0,01
SC	0,30	0,20	0,13	0,09	0,06	0,01
SE	0,06	0,09	0,14	0,13	0,14	0,08
SP	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,00
TO	0,32	0,29	0,27	0,22	0,20	0,13
Brasil	0,17	0,16	0,17	0,15	0,14	0,11

Fonte: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - Pnad, 1989 a 2015 (IBGE; 2019d; 2019e); Censo (IBGE, 1991; 2019a).

4.3 Parâmetros e fatores de emissão

INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS (Categoria 5.C.1)

Todos os parâmetros e fatores de emissão utilizados são valores-padrão das Diretrizes do IPCC 2006, uma vez que não existem dados nacionais sobre composição gravimétrica, bem como da concentração de C nas frações de CW (Tabela 20).

QUEIMA DE RESÍDUOS A CÉU ABERTO (Categoria 5.C.2)

Foram utilizados valores médios-padrão de massa seca (dm_i), carbono total (CF_i) e de carbono fóssil (FCF_i) para cada fração gravimétrica de MSW (IPCC, 2006; v. 5, ch. 2, tabela 2.4, p. 2.14). Também foram utilizados valores-padrão para o fator de oxidação (0,58) e para os fatores de emissão de CH_4 (EF_{CH_4} ; 6,5 kg CH_4 Mg^{-1} MSW) e de N_2O (EF_{N_2O} ; 0,15 g N_2O Mg^{-1} MSW).

Tabela 20. Parâmetros e fatores de emissão utilizados para cálculo das emissões de GEE da categoria 5.C.1 - Incineração de Resíduos.

Parâmetro	Unidade	Valor
Matéria seca em base úmida*	kg MS kg^{-1} resíduo	0,35
C total em base seca**	kg C kg^{-1} MS	0,60
Fração de C fóssil no C total**	kg C_{fossil} kg^{-1} C_{total}	0,40
Fator de oxidação	fração	1
Fator de emissão de N_2O	kg N_2O Gg^{-1} resíduo	100
Fator de emissão de CH_4	kg CH_4 Gg^{-1} resíduo	0

* IPCC 2006, Tabela 2.6., v. 5, ch. 2, p. 2.16; ** IPCC 2006, Tabela 5.2., v. 5, ch. 5, p. 5.18.

4.4 Resultados**INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS (Categoria 5.C.1)**

As estimativas de emissão de CO_2 e N_2O (Gg) da incineração de CW são apresentadas nas **Erro! Fonte de referência não encontrada.a** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.b**, respectivamente.

Em função da interpolação linear dos dados entre os anos de 2000 a 2008, ocorreu um aumento notável na emissão de CO_2 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.a**) e de N_2O (**Erro! Fonte de referência não encontrada.b**). Nos períodos inicial (1990 a 1999) e final (2009 a 2016), verifica-se um incremento da emissão de ambos os gases em relação aos anos avaliados, mas numa taxa bastante suave. Isso ocorreu porque, para os anos anteriores a 2000 e posteriores a 2008, as relações encontradas para os dois anos entre a população total da UF e a população atendida pela coleta de resíduos da saúde foram mantidas, respectivamente. Desse modo, o pequeno aumento de emissão nos períodos mencionados foi proporcional ao crescimento populacional, uma vez que a relação entre população total e população atendida observada em 2000 (PNSB; IBGE, 2000) foi mantida para os anos anteriores e a relação observada em 2008 (PNSB; IBGE, 2008) foi mantida para os anos posteriores.

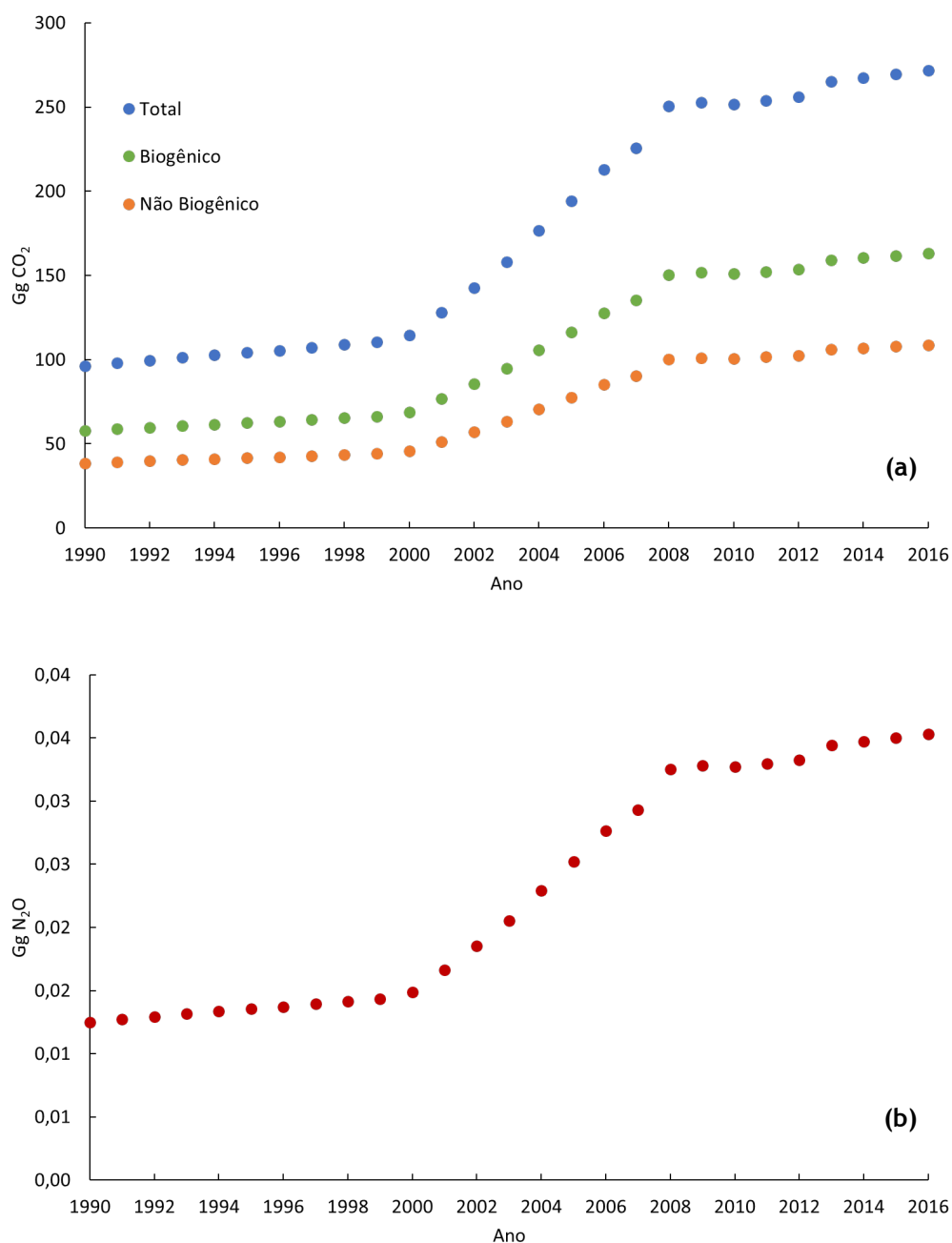
As estimativas de emissões⁴ de CO_2 e N_2O não biogênico (Gg) pela incineração de CW são apresentadas na Tabela 21.

⁴ As emissões de N_2O e de CO_2 não biogênico por UF são apresentadas na Tabela 45 e Tabela 48 no Apêndice B, respectivamente.

Tabela 21. Emissões totais de N₂O e CO₂ da categoria Incineração de Resíduos, para o período de 1990 a 2016.

Subsetor/Categoria	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
	Gg						%	
5.C.1 Incineração de Resíduos (N ₂ O)	0,01	0,01	0,01	0,03	0,03	0,04	40	8
5.C.1 Incineração de Resíduos (CO ₂)	39	42	46	78	101	109	40	8

Figura 13. Emissões nacionais a partir da incineração de resíduos (5.C.1) de serviços de saúde (CW) no período de 1990 a 2016: (a) CO₂ e; (b) N₂O.



QUEIMA DE RESÍDUOS A CÉU ABERTO (Categoria 5.C.2)

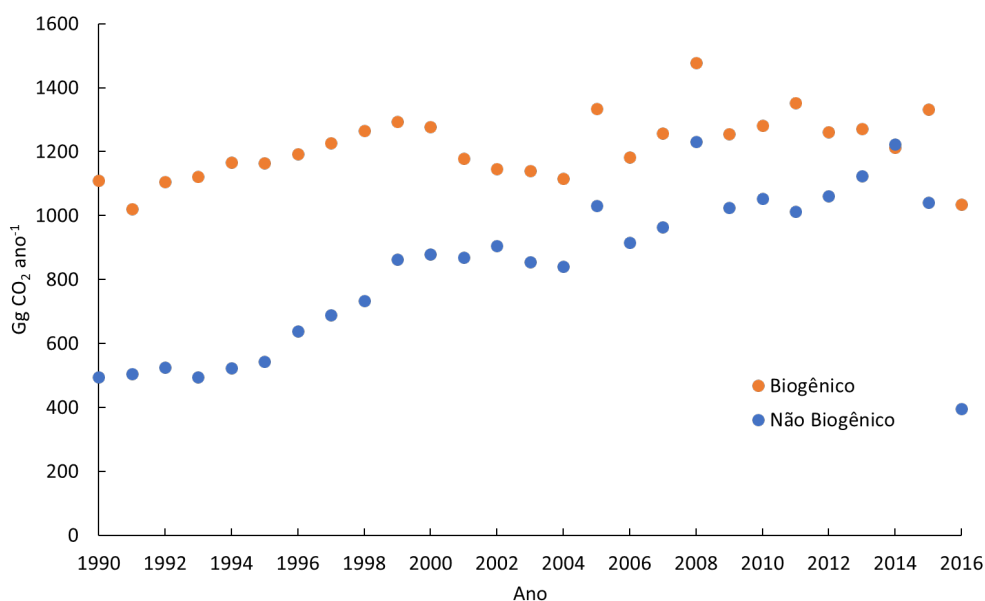
As estimativas de emissão de CO₂, N₂O e CH₄ provenientes da queima a céu aberto de resíduos sólidos municipais no período de 1990 a 2016 são apresentadas na Tabela 22, **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 22. Emissões totais de CH₄, N₂O e CO₂ da categoria Queima de Resíduos a Céu Aberto, para o período de 1990 a 2016.

Subsetor/Categoria	1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
	----- Gg -----						----- % -----	
5.C.2 Queima de resíduos a céu aberto (CH ₄)	19,1	21,6	25,3	28,1	26,3	23,4	-17	-11
5.C.2 Queima de resíduos a céu aberto (N ₂ O)	0,29	0,31	0,38	0,42	0,40	0,31	-26	-22
5.C.2 Queima de resíduos a céu aberto (CO ₂)	495	543	880	1.031	1.053	395	-62	-63

As emissões de CO₂ não biogênico, ou seja, aquele que efetivamente contribui para o aquecimento global, variaram de 400 a 1200 Gg, com taxa média de crescimento anual igual a 4,2% para o período de 1990 a 2016, já as emissões de carbono biogênico variaram entre 1000 e 1450 Gg para o mesmo período (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Essas variações são bastante dependentes da composição gravimétrica dos resíduos, que influenciam sobremaneira no cálculo das quantidades de carbono biogênico e não biogênico dos resíduos que estarão sujeitos a queima (Tabela 9).

Figura 14. Emissões nacionais de CO₂ a partir da queima de resíduos a céu aberto (5.C.2) no período de 1990 a 2016.

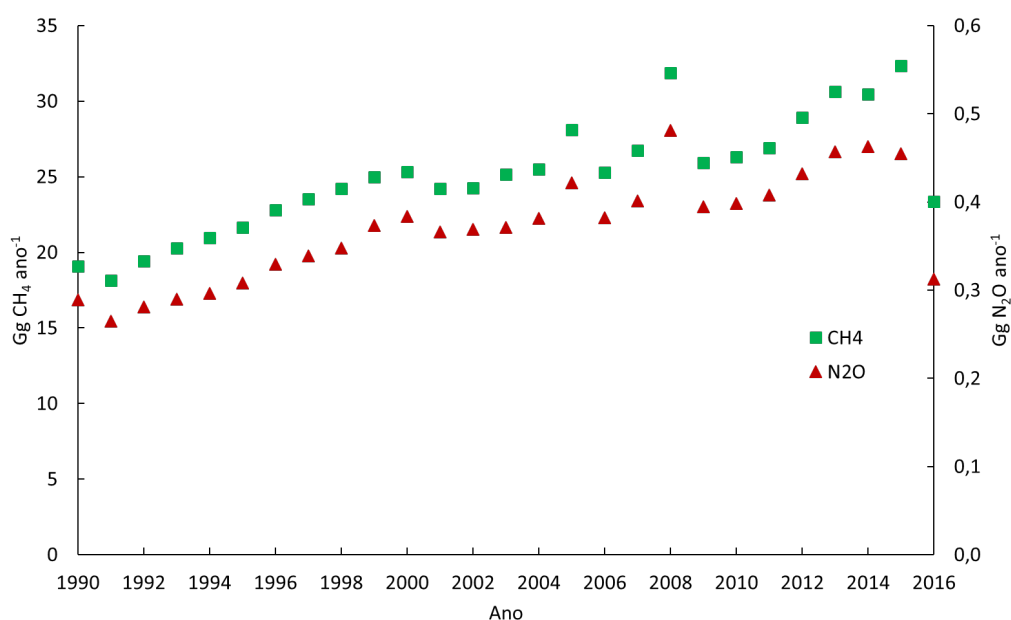


As emissões de CH₄ e de N₂O (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) estão sujeitas às mesmas influências da composição gravimétrica, no entanto, apresentaram menor amplitude de variação nos seus valores. A emissão de CH₄ variou de 18 a 32 Gg ano⁻¹ no período avaliado; e, no caso do N₂O, a variação apresentada foi de 0,26 Gg ano⁻¹ a 0,48 Gg ano⁻¹.

Para as estimativas de emissão de CO₂ e N₂O, chama atenção a inclinação de supostas retas passando pelos pontos posicionados de 2000 a 2008, denotando intenso crescimento nas emissões nesse período, comparativamente aos períodos anterior e posterior. Isso ocorreu porque para os anos anteriores a 2000 e posteriores a 2008 as relações entre população total e população atendida com coleta de CW encontradas na PNSB (IBGE, 2000; 2008) foram mantidas. Por outro lado, entre os anos 2000 e 2008 essa relação foi estimada por meio de interpolação linear simples, o que explica a inclinação mais acentuada nas emissões nesse período.

A emissão anual de N₂O variou de 0,012 a 0,035 Gg ano⁻¹ (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) e a taxa média de incremento das emissões no período de 1990 a 2016 foi de 4,2%, idêntica à verificada para o CO₂ não biogênico. A mesma taxa de incremento de emissões de CO₂ e N₂O é função do aumento populacional no período, pois, conforme explicado anteriormente, outros fatores relacionados às emissões foram mantidos inalterados nos anos anteriores a 2000 e posteriores a 2008, ou interpolados no intervalo entre 2000 e 2008.

Figura 15. Emissões nacionais de CH₄ e N₂O (Gg) a partir da queima de resíduos a céu aberto (5.C.2) no período de 1990 a 2016.



5. TRATAMENTO E DESPEJO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

O subsetor Tratamento e Despejo de Águas Residuárias contabiliza as emissões de CH₄ e N₂O dos sistemas de tratamento e despejo de águas residuais de fontes domésticas e industriais. Na Tabela 23 são apresentados os *Tiers* utilizados e gases inventariados para as categorias do subsetor 5.D - Tratamento e Despejo de Águas Residuárias.

Tabela 23. *Tiers* aplicados e gases inventariados nos cálculos das emissões do subsetor 5.D - Tratamento e despejo de águas residuárias.

Setor/Subsetor/Categoria		Gases e <i>Tiers</i> inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
5.D	Tratamento e Despejo de Águas Residuárias			
5.D.1	Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas	N.A.	2	1
5.D.2	Tratamento e despejo de águas residuárias industriais	N.A.	2	N.A.

N.A. - não aplicável (*not applicable*).

5.1 Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (Categoria 5.D.1)

5.1.1 Metodologia

As equações utilizadas para cálculo das emissões provenientes do tratamento e despejo de águas residuárias domésticas foram as indicadas pelo IPCC 2006, v. 5, ch. 6:

O modelo utilizado para estimar as emissões de CH₄ na categoria tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (5.D.1) segue a Equação 26 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 6, eq. 6.1, p. 6.11):

$$\text{CH}_4 \text{ Emissions} = \left[\sum_{i,j} (U_i * T_{ij} * EF_j) \right] * (\text{TOW} - S) - R \quad (26)$$

em que:

CH₄ *Emissions*, emissões de CH₄ no ano inventariado (kg CH₄ ano⁻¹); TOW, massa total de material orgânico na água residuária no ano inventariado (kg DBO ano⁻¹); S, componente orgânico removido na forma de lodo no ano inventariado (kg DBO ano⁻¹); U_i, fração da população no grupo de renda *i* no ano inventariado; T_{ij}, grau de utilização do sistema de tratamento/sistema ou caminho de despejo *j*, por cada fração de grupo de renda *i* no ano inventariado; *i*, grupo de renda: rural, urbano de alta renda e urbano de baixa renda; *j*, tipo de tratamento/sistema ou caminho de despejo; EF_j, fator de emissão (kg CH₄ kg⁻¹ DBO); R, massa de CH₄ recuperado no ano inventariado (kg CH₄ ano⁻¹).

Para estimar a quantidade de material orgânico degradável nas águas residuárias domésticas (TOW), foi utilizada a Equação 27 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 6, eq. 6.3, p. 6.13):

$$TOW = P * BOD * 0,001 * I * 365 \quad (27)$$

em que:

TOW, massa total de material orgânico na água residuária no ano inventariado (kg DBO ano⁻¹); P, população do país no ano inventariado (habitantes); BOD, DBO *per capita* específica do país no ano inventariado (g hab⁻¹ d⁻¹); 0.001, conversão de g para kg de DBO; I, fator de correção para despejo adicional de DBO industrial na rede de esgoto (para coletado o padrão é 1,25 e para o não coletado o padrão é 1,00).

O fator de emissão (EF_j) desta categoria foi estimado conforme a Equação 28 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 6, eq. 6.2, p. 6.12):

$$EF_j = B_0 * MCF_j \quad (28)$$

em que:

EF_j, fator de emissão (kg CH₄ kg⁻¹ DBO); j, cada sistema de tratamento/caminho de descarga; B₀, capacidade máxima de produção de CH₄ (kg CH₄ kg⁻¹ DBO); MCF_j, fator de correção de CH₄ (fração).

O modelo utilizado para estimar as emissões de N₂O na categoria tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (5.D1) segue a Equação 29 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 6, eq. 6.7, p. 6.25); e, para estimar o conteúdo de nitrogênio das águas residuárias (N_{EFFLUENT}), foi utilizada a Equação 30 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 6, eq. 6.8, p. 6.25):

$$N_2O \text{ Emissions} = N_{EFFLUENT} * EF_{EFFLUENT} * 44/28 \quad (29)$$

em que:

N₂O *emissions*, emissões de N₂O no ano inventariado (kg N₂O ano⁻¹); N_{EFFLUENT}, nitrogênio da água residuária despejada no ambiente aquático (kg N ano⁻¹); EF_{EFFLUENT}, fator de emissão de N₂O da água residuária despejada (kg N₂O kg⁻¹ N); 44/28, fator de conversão de kg N₂O-N em kg N₂O.

$$N_{EFFLUENT} = (P * Protein * F_{NPR} * F_{NON-CON} * F_{IND-COM}) - N_{SLUDGE} \quad (30)$$

em que:

N_{EFFLUENT}, nitrogênio da água residuária despejada no ambiente aquático (kg N ano⁻¹); P, população total; *Protein*, consumo anual de proteína *per capita* (kg hab⁻¹ ano⁻¹); F_{NPR}, fração de nitrogênio na proteína, (kg N kg⁻¹ proteína); F_{NON-CON}, fator para proteína não consumida adicionada à água residuária; F_{IND-COM}, fator para proteína comercial e industrial codispostos no sistema de coleta; N_{SLUDGE}, nitrogênio removido via lodo (kg N ano⁻¹).

Primeiramente estimou-se a população com acesso à coleta de esgotos e se existe tratamento deles, conforme o grupo de renda (urbano e rural) (Pnad e Censo Demográfico - IBGE). Depois foram estimados os volumes de esgoto tratado e coletado, além do tipo de tratamento (PNSB e ANA). O consumo de proteína foi obtido por meio da interpolação linear de dados da FAO. A DBO *per capita* utilizada foi a indicada pela ABNT para projetos de estações de tratamento de esgoto sanitário. Os demais parâmetros de fatores de emissão adotados são valores-padrão das Diretrizes IPCC 2006.

5.1.2 Dados de atividade

No Brasil, nem todo o esgoto (água residuária) gerado é coletado e nem todo o esgoto coletado é tratado em estações de tratamento. Dessa forma, para atender as variáveis requisitadas pelos modelos das Diretrizes IPCC 2006, é necessária a transformação dos dados brutos em variáveis possíveis de serem utilizadas no cálculo das emissões.

A primeira etapa consiste em estimar a variável *fração do grupo de renda da população total* (U_i , em que i é o grupo de renda). Esta variável expressa frações de arranjos populacionais dentro da população total. A segunda etapa consistiu em estimar o *grau de utilização do tratamento, via de descarga ou sistema para cada grupo de renda* (T_{ij} , em que i é o grupo de renda e j é o tratamento, sistema ou via de descarga). Essa variável demonstra a representatividade de cada tratamento ou via/sistema de descarga dentro de cada arranjo populacional.

O volume de esgoto coletado e tratado pode ser observado nas PNSB (IBGE 1994; 2000; 2008) e no Atlas de Esgotos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013). A fração de tratamento do esgoto coletado foi obtida por meio da razão entre o volume de esgoto coletado e o tratado, obtidos na PNSB (IBGE 1994; 2000; 2008) e no Atlas de Esgotos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013). Para os anos faltantes, foi realizada estimativa linear entre os dados observados.

O consumo de proteína *per capita* ($\text{kg PTN hab}^{-1} \text{ano}^{-1}$) foi obtido por meio da interpolação linear simples (1990 a 2016) dos dados disponibilizados pela FAO (2009) para o Brasil. Com exceção da carga orgânica (DBO), todos os demais parâmetros e fatores de emissão utilizados são valores-padrão das Diretrizes do IPCC 2006.

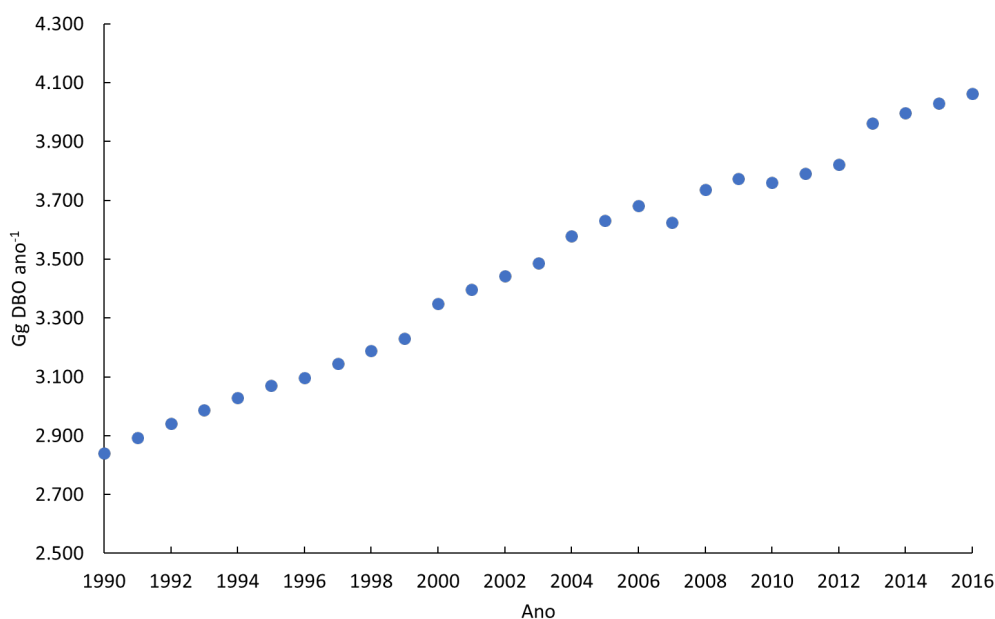
O fator de conversão de CH_4 (MCF) para o esgoto coletado e tratado é classificado de acordo com sistema de tratamento observado na PNSB (1994, 2000 e 2008). Primeiramente foi calculado MCF ponderado para cada observação e a partir deles foi realizada estimativa linear simples do MCF ponderado entre os anos 1989, 2000 e 2008, sendo esta última observação utilizada anualmente até 2016.

Uma vez que no Brasil é incipiente a ocorrência de restos alimentares no esgoto, o fator de ajuste para proteína não consumida ($F_{\text{NON_CON}}$) padrão utilizado foi o de sistema sem descarte de restos alimentares (1,1; IPCC, 2006).

Material orgânico degradável em águas residuárias domésticas - TOW

Um dos principais dados de atividade do subsetor 5.D.1 é a carga orgânica total (TOW; kg DBO ano⁻¹) gerada pela população (Figura 16).

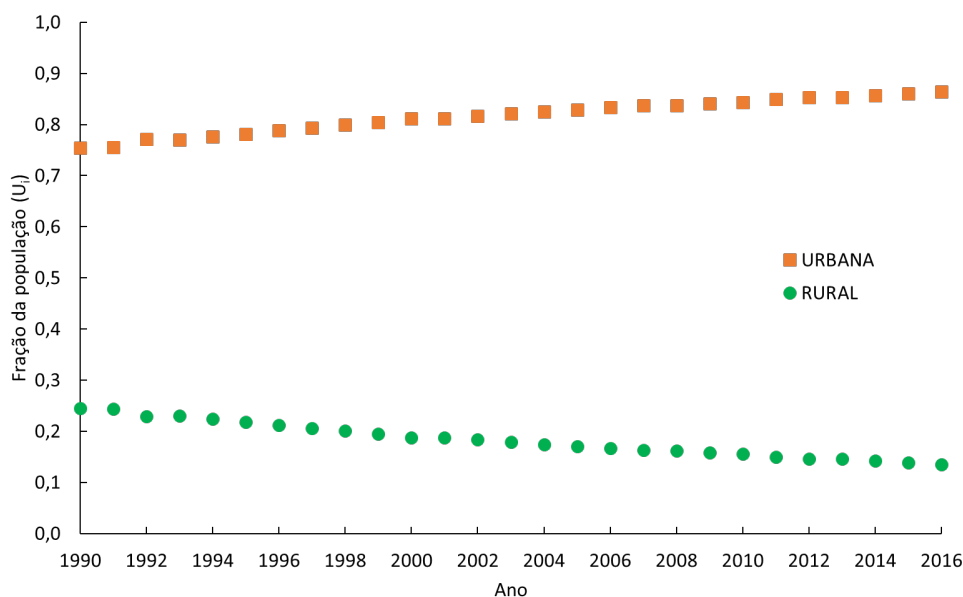
Figura 16. Componente orgânico degradável (TOW; Gg DBO ano⁻¹) em águas residuárias domésticas (DWW) no Brasil, entre 1990 e 2016.



Foi calculada em função da população da UF no ano inventariado, da DBO *per capita* (BOD; g hab⁻¹ d⁻¹) específica do país e da possível contribuição de despejos industriais no sistema de coleta doméstico. Os dados anuais da população residente nas UF brasileiras para o período entre 1990 e 2016 são os mesmos já descritos para o subsetor 5.A. A DBO *per capita* utilizada (54 g hab⁻¹ d⁻¹) é a descrita na norma NBR 12209/2011, para projetos de estações de tratamento de esgoto sanitário (ABNT, 2011). Uma vez que não foi possível identificar a contribuição de descarga de águas residuárias industriais na rede de águas residuárias domésticas, foi utilizado o valor-padrão 1,0 do fator de correção para descarga industrial adicional - I (IPCC, 2006).

Fração do grupo de renda da população total - U_i

Esta variável expressa frações de arranjos populacionais dentro da população total. As estatísticas nacionais não trazem o arranjo econômico da população (baixa e alta renda) para a classificação dos grupos de renda conforme descrito nas Diretrizes IPCC 2006. Portanto, só foi possível o uso dos arranjos de população urbana e rural. A partir dessa organização, a variável U_i foi obtida por meio da razão entre população urbana e população total (U_{urb}) e pela razão entre população rural e população total (U_{rural}) para cada UF, anualmente, de 1990 a 2016 (Figura 17).

Figura 17. Fração do grupo de renda da população total (U_i) no Brasil, entre 1990 e 2016.

Foi necessário estimar anualmente a distribuição da população nos meios urbano e rural para os anos dos intervalos entre os censos populacionais (IBGE, 1991; 2019a). O modelo ajustado para todas as UF foi uma regressão linear bivariada simples, que estima a população por meio da relação direta entre esta e o ano e a população total. A população urbana estimada (Urb_{est}) pode ser calculada de acordo com a Equação 34:

$$Urb_{est(i)} = (a * Ano) + (b * Pop_{total(i)}) + c \quad (34)$$

em que:

$Urb_{est(i)}$ é população urbana estimada (habitantes); Ano é valor do ano em que se deseja a estimativa da população; a, b e c são coeficientes da equação linear bivariada.

A estimativa foi calculada respeitando o sinal do intercepto e dos coeficientes e com os anos variando de 1970 até 2016. A série histórica da população urbana final (Pop_{urb}) foi obtida pela união da série da população observada nos anos de Censo e da série da população estimada (Urb_{est}). Sempre que o valor observado existe, ele foi adotado (1970, 1980, 1991, 2000, 2010); e, para os demais anos em que o dado é ausente, foi adotado o valor de Urb_{est} . A população rural final (Pop_{rural}) foi obtida pela diferença entre Pop_{total} e Pop_{urb} .

Grau de utilização do sistema de tratamento ou caminho de descarga para cada grupo - T_{ij}

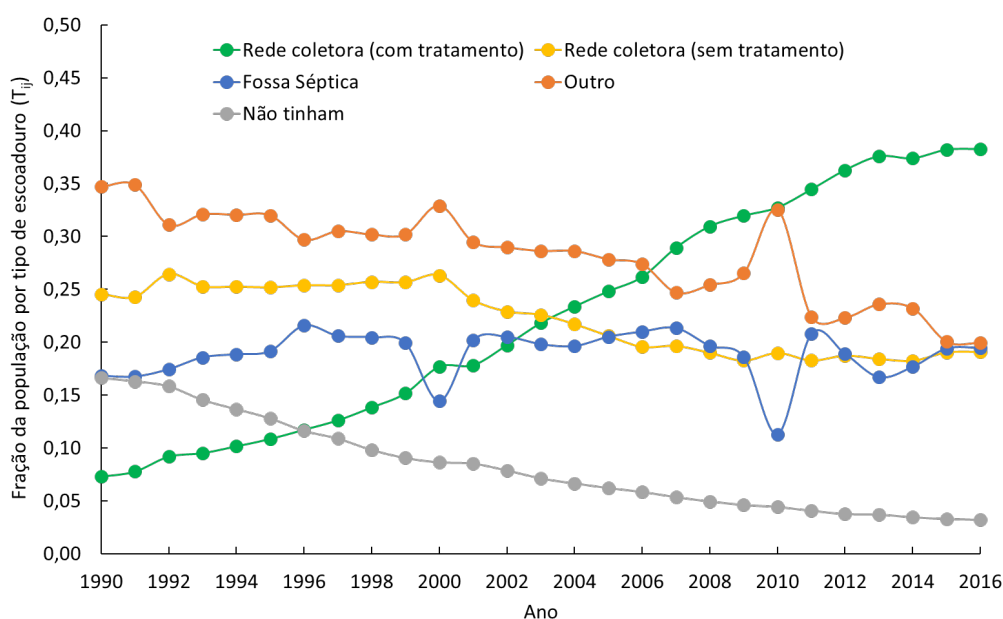
O grau de utilização do tratamento, via de descarga ou sistema para cada grupo de renda (T_{ij} , em que i é o grupo de renda e j é o tratamento, sistema ou via de descarga), demonstra a representatividade de cada tratamento ou via/sistema de descarga dentro de cada arranjo populacional. Os dados observados são a população urbana e rural com rede de coleta, com fossa

séptica, com fossas negras (identificadas pelo IBGE como “outros”) e com vala a céu aberto ou descarga direta em corpos hídricos (identificadas pelo IBGE como “nenhum”), provenientes da Pnad (1992 e 1993, 1995 a 1999, 2001 a 2009 e 2011 a 2015; IBGE, 2019d; 2019e) e do Censo (1991, 2000 e 2010; IBGE, 1991; 2019a).

Para suprir as lacunas de dados (1990, 1994 e 2016), foi ajustado um único modelo de regressão independente para cada variável (Rede, Fossa, Outro e Nenhum) a partir dos dados observados na Pnad e Censo. O modelo estima a população atendida por cada tipo de sistema em função da população do grupo de renda i (urbana ou rural) que se deseja estimar e da proporção entre essa população e o ano (Pop_i/ano). Como existem mais observações do que lacunas, as equações foram ajustadas, para cada UF, em função dos dados observados e só foram estimados valores para os anos faltantes (1990, 1994 e 2016). Para esses anos, quando o valor estimado foi negativo, assumiu-se população nula (zero = 0); e quando, por outro lado, a soma das estimativas das populações atendidas em cada modo (Rede, Fossa, Outro e Nenhum) resultou em valor maior que a população do grupo de renda i avaliado, os dados foram recalculados proporcionalmente de forma que a soma resultasse o valor da população urbana ou rural daquele ano (Figura 18).

Uma vez que apenas uma parcela do esgoto coletado passa por tratamento biológico, foram utilizados os dados do volume de esgoto coletado e tratado em cada UF, observados na PNSB (IBGE 1994; 2000; 2008) e no Atlas de Esgotos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013) para encontrar a fração do esgoto doméstico coletado que recebe tratamento. Para suprir as lacunas na série histórica, entre os anos 1989 e 2013 foi realizada interpolação linear, e as frações de esgoto tratado observadas nas UF no ano de 2013 foram mantidas nos anos posteriores (até 2016).

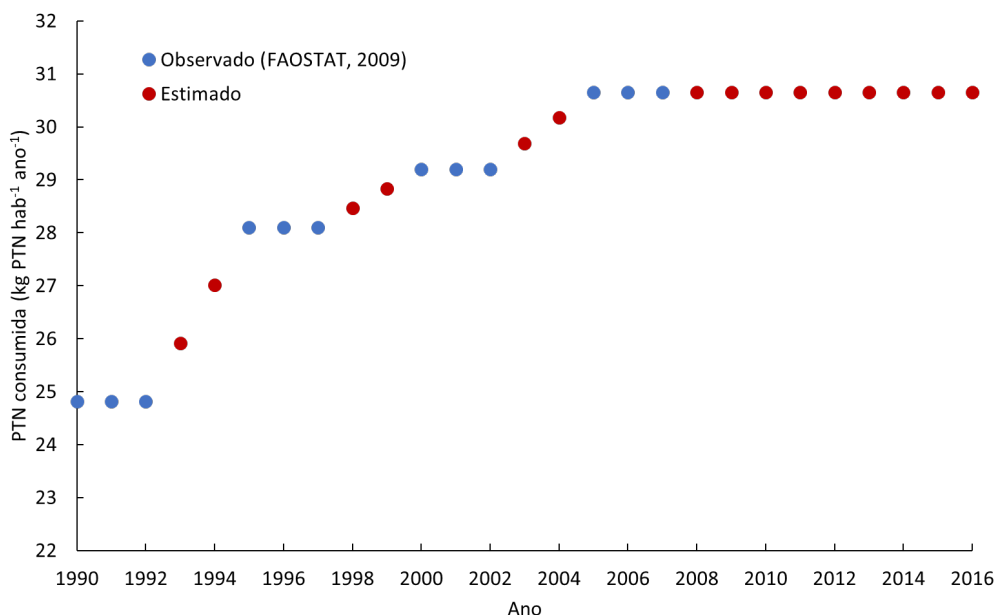
Figura 18. Grau de utilização do sistema de tratamento ou caminho de descarga para cada grupo (T_{ij}) no Brasil, entre 1990 e 2016.



Consumo anual de proteína - *Protein*

O consumo médio de proteína *per capita* (kg PTN hab⁻¹ ano⁻¹) foi obtido por meio da interpolação linear simples (1990 a 2016) dos dados disponibilizados pela FAO (2009) para o Brasil e aplicado igualmente em todas as UF (Figura 19).

Figura 19. Valores anuais observados (FAO, 2009) e estimados do consumo de proteína (PTN) *per capita* no Brasil, entre 1990 e 2016.



Metano recuperado - R

De acordo com o painel de especialistas realizado no Terceiro Inventário Nacional (MCTI, 2015), reatores anaeróbios contêm invariavelmente queimadores para o gás gerado e dessa forma o CH₄ produzido nesses sistemas é parcialmente destruído, sendo a eficiência de destruição do CH₄ de aproximadamente 50%. A estimativa de R foi calculada com base nessas premissas, considerando apenas o CH₄ gerado em reatores anaeróbios.

Componente orgânico removido como lodo - S

A massa de lodo gerada nas estações de tratamento normalmente é removida do sistema de tratamento e enviada para disposição final. Dessa forma, como pode ser observado na Equação 26, a carga orgânica relacionada ao lodo é subtraída da carga orgânica total afluyente, não entrando no cálculo das emissões de CH₄ do subsetor 5.D. No Brasil o principal destino do lodo de esgoto é a destinação final em aterros e vazadouros. Para tanto, a carga orgânica retirada na forma de lodo passa a ser computada como fonte de material orgânico no subsetor 5.A - Disposição de resíduos sólidos.

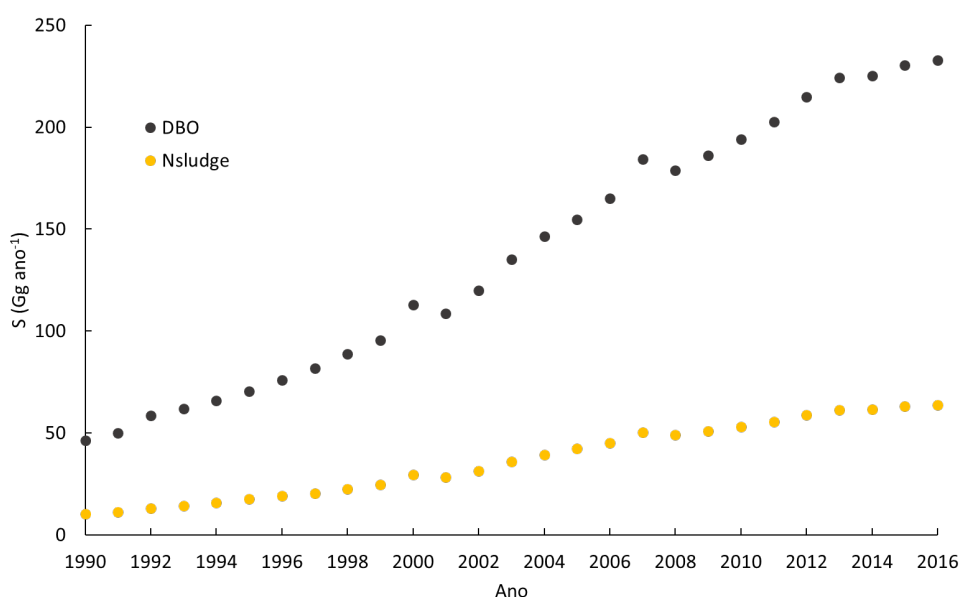
O lodo removido do sistema de tratamento foi calculado a partir dos fatores de geração de lodo por unidade de DBO tratada em cada tecnologia de tratamento, conforme a Tabela 24, e está representado na Figura 20.

Tabela 24. Carga orgânica de lodo (S) produzida em diferentes tecnologias de tratamento de águas residuárias.

Tecnologia de tratamento*	Carga orgânica gerada
	kg DBO lodo kg ⁻¹ DBO afluente
Lagoa facultativa	0,107
Lagoa anaeróbia	0,158
Lagoa aerada mistura completa	0,058
Tanque séptico	0,126
Filtro biológico de alta carga	0,316
Lodos ativados convencional	0,340
Reator anaeróbio UASB	0,073

* Adaptado de Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2001).

Figura 20. Componente orgânico removido como lodo (DBO) e nitrogênio removido via lodo (N_{sludge}) anualmente no tratamento de águas residuárias domésticas (DWW) no Brasil, entre 1990 e 2016.



5.1.3 Parâmetros e fatores de emissão

Capacidade máxima de produção de CH₄ - B₀

Foi utilizado valor-padrão de 0,6 kg CH₄ kg⁻¹ DBO (IPCC, 2006).

Fator de correção de CH₄ - MCF

A variável fator de correção de metano (MCF) representa a capacidade de geração de CH₄ que cada sistema de tratamento possui. Sistemas exclusivamente anaeróbios possuem maior capacidade de

gerar CH₄ e valores de MCF elevados. Já os sistemas que empregam aeração forçada, como é o caso de lodos ativados, devido à alta pressão de oxigênio imposta ao efluente, possuem baixa capacidade de geração de CH₄ e assumem os menores valores de MCF entre as possíveis soluções de tratamento existentes. Dessa forma, foi necessário o conhecimento da fração de esgoto tratado por cada tipo de tratamento de modo a permitir o cálculo do MCF ponderado, que considera a contribuição de todos os sistemas empregados na UF ponderados pela população atendida correspondente.

Informações sobre a coleta de esgoto e os sistemas de tratamento utilizados nas UF brasileiras estão disponíveis nas edições da PNSB (IBGE, 1994; 2000; 2008). Na edição de 1989 (IBGE, 1994), os dados estavam agregados por UF; e, nas edições de 2000 e 2008, houve refinamento da pesquisa e os dados foram desagregados ao nível municipal. Contudo, a classificação utilizada é qualitativa, relacionada com a presença ou ausência de determinado tipo de tratamento e ao número de distritos do município que são atendidos por cada tipo de tratamento.

Estações de tratamento de esgoto (ETE) são sistemas complexos e assumem inúmeras configurações quanto ao número e às tecnologias de tratamento utilizadas sequencialmente para remoção da carga orgânica numa mesma instalação. Um município pode reportar o uso de duas ou mais unidades distintas, mas que compõem um mesmo sistema. Essa é provavelmente a razão pela qual, na PNSB, a soma de distritos com tratamento de esgoto em um município pode ser maior que o número total de distritos existentes. Ou seja, um mesmo distrito possui mais de um tipo de tratamento, os quais geralmente estão instalados em série. No entanto, é de conhecimento que existem aqueles cuja remoção é mais eficiente (acima de 80%). No Brasil, podemos citar o reator anaeróbio, o lodo ativado, o filtro biológico e a lagoa anaeróbia como os principais tratamentos dentro das configurações existentes (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).

Para extrair uma informação quantitativa, fração de esgoto tratado por tecnologia de tratamento, de dados qualitativos da PNSB, presença ou ausência da tecnologia, uma premissa teve de ser adotada. Foi considerado que apenas uma das diversas tecnologias declaradas pelo município seria a responsável pelo tratamento de todo o esgoto. Essa distinção foi feita por meio de classificação hierárquica, em que, na presença da tecnologia de posto mais alto na hierarquia, é considerado como único tipo de tratamento daquele município, independentemente de estar em conjunto com outro (Tabela 25). A hierarquia foi organizada com base no conhecimento dos principais arranjos de sistemas existentes no Brasil e considera a etapa de tratamento com maior remoção da carga orgânica.

Dessa forma, sempre que existia a presença de tratamento por reator anaeróbio, que é o tratamento mais elevado na hierarquia proposta, por exemplo, os demais tipos de tratamento existentes no município foram ignorados e foi considerado o esgoto sendo tratado integralmente por esse tratamento. Uma vez agrupados os municípios com tratamento por reator, eles foram retirados do conjunto e um novo agrupamento foi realizado para o próximo nível hierárquico, que neste caso são os lodos ativados (Tabela 25). Essa seleção foi realizada até o último nível hierárquico.

Tabela 25. Sistemas de tratamento de águas residuárias domésticas (DWW) e MCF associado.

Nível hierárquico	Sistema de tratamento	MCF**
1	Reator anaeróbio	0,8
2	Lodo ativado	0,3
3	Filtro biológico	0,3
4	Valo de oxidação	0,3
5	Lagoa anaeróbia	0,8
6	Lagoa aeróbia	0,3
7	Lagoa facultativa**	0,3
8	Fossa séptica de sistema condominial	0,5
9	Outro	0,5

Fonte: adaptado de IPCC 2006.

A fração da população atendida em cada tipo de tratamento na UF foi calculada pela razão entre a população atendida com o tratamento e a soma das populações de todos os tratamentos. As lacunas de dados entre as PNSB foram supridas por meio de interpolação linear simples, sendo que o valor observado em 2008 foi mantido até 2016. A partir da representatividade dos sistemas de tratamento observados e seus respectivos MCF, foi possível calcular o MCF ponderado para cada UF e ano.

Fator de ajuste para proteína não consumida - F_{NON_CON}

Uma vez que no Brasil é incipiente a ocorrência de restos alimentares no esgoto, o fator de ajuste para proteína não consumida (F_{NON_CON}) padrão utilizado foi o de sistema sem descarte de restos alimentares (1,1; IPCC, 2006).

Fração de N na proteína - F_{NPR}

Foi utilizado o valor-padrão de 0,16 kg N kg⁻¹ proteína (IPCC, 2006).

Fator de emissão de N₂O - $EF_{EFFLUENT}$

Foi utilizado o valor-padrão de 0,005 kg N₂O-N kg⁻¹ N (IPCC, 2006).

5.1.4 Resultados

As emissões de CH₄ a partir do tratamento de efluentes domésticos cresceu linearmente entre os anos de 1990 e 2016, com taxa anual de crescimento de 1,3% ao ano (Tabela 26 e Figura 21). No período entre 1990 e 2003 a taxa de incremento anual foi de 1,6% ao ano e entre 2004 e 2016 foi de 1,0% ao ano. Os valores anuais de CH₄ emitido variaram entre 542 e 897 Gg.

Em termos de tratamento ou via/sistema de descarga (uso de rede de coleta com ou sem tratamento, fossa séptica, fossa negra e descarga direta em copos d'água e/ou solo), foi observado que as emissões de CH₄ estão mais relacionadas com a coleta dos esgotos (existência de rede coletora) e tratamentos deles (Figura 23). Isso significa que há tendência de incremento na emissão de CH₄ com a ampliação

da rede de coleta e tratamento dos esgotos nos estados e municípios brasileiros. Considerando que o acesso ao saneamento básico é aspecto importante no desenvolvimento sustentável do país, reduções nas emissões de CH₄ devem ser viabilizadas por meio de tecnologias de tratamento com menor potencial de emissão do referido gás, bem como por meio de projetos de recuperação ou uso energético dele.

Tabela 26. Emissões totais de CH₄ e N₂O da categoria Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Domésticas, para o período de 1990 a 2016.

Subsetor/Categoria		1990	1995	2000	2005	2010	2016	2005-2016	2010-2016
		Gg -----						----- % -----	
5.D.1	Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (CH ₄)	541,9	593,6	676,4	788,9	860,5	897,3	14	4
5.D.1	Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (N ₂ O)	4,87	5,92	6,63	7,48	7,67	8,24	10	7

Figura 21. Emissões nacionais de CH₄ e N₂O pela atividade de tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (5.D.1), no período de 1990 a 2016.

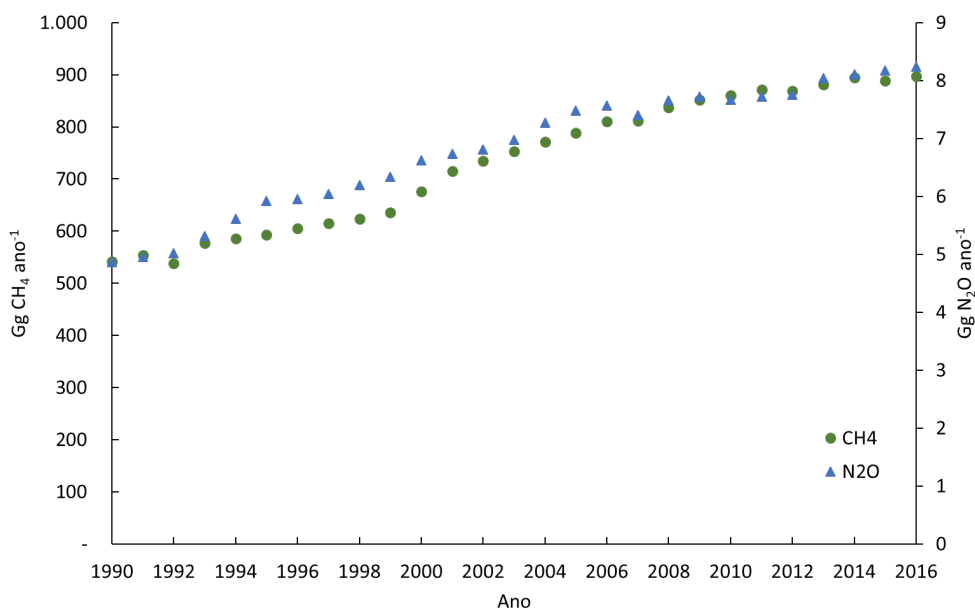
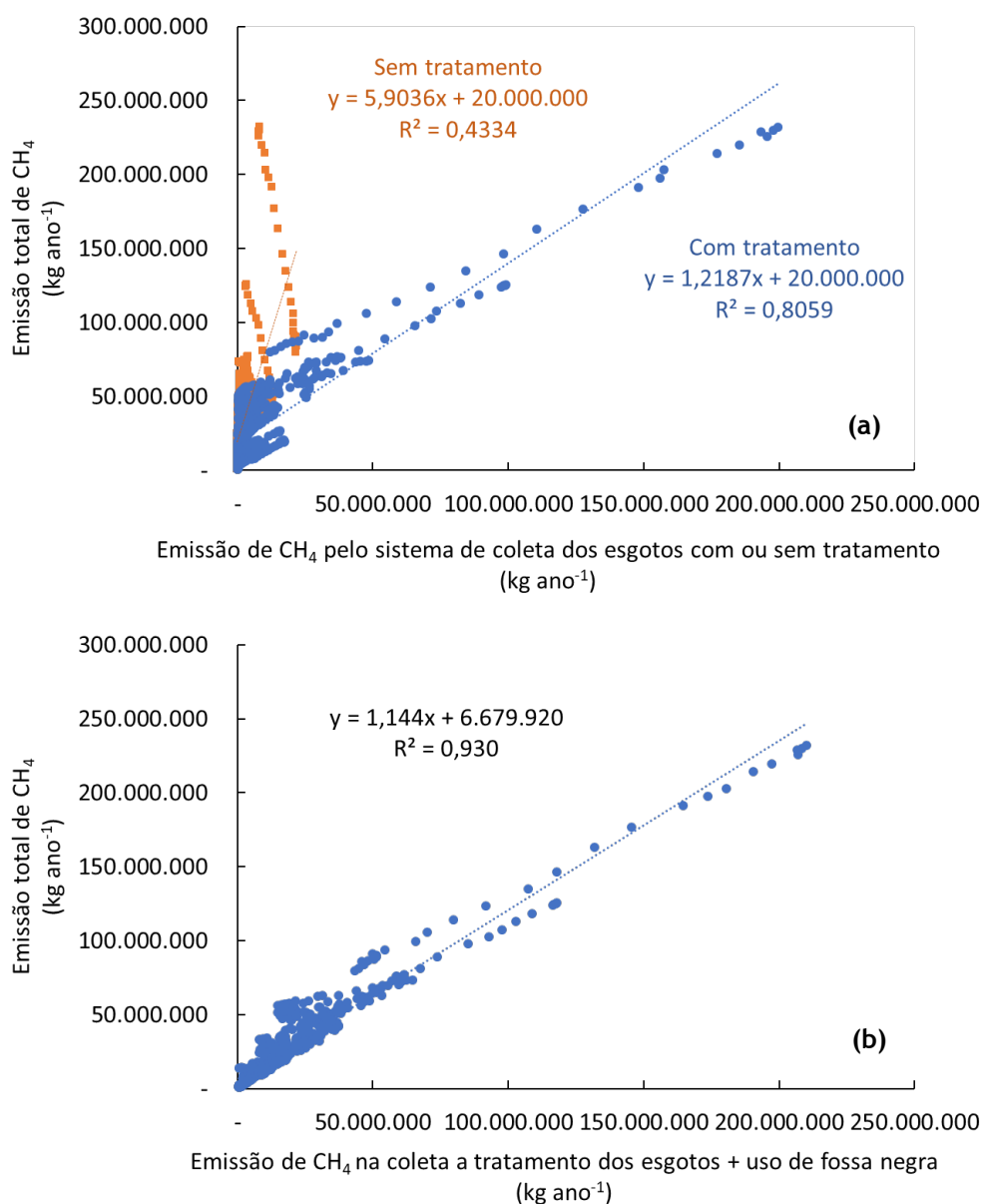


Tabela 27. Emissões totais de CH₄ dos diferentes sistemas de tratamento de efluentes domésticos.

Ano	Rede coletora		Fossa séptica unitária	Outro	Não tinham (rio ou solo)	TOTAL
	Sem tratamento	Com tratamento				
	----- Gg CH ₄ ano ⁻¹ -----					
1990	41,6	35,9	142,7	294,1	28,2	541,9
1991	41,9	39,8	144,6	301,1	28,2	554,3
1992	45,6	48,4	150,6	268,4	27,4	538,2
1993	45,4	54,3	166,7	288,0	26,1	577,1
1994	45,6	60,2	170,3	289,4	24,7	585,4
1995	45,7	66,6	173,9	290,4	23,2	593,6
1996	46,5	75,6	198,0	272,5	21,3	605,8
1997	47,0	85,6	190,6	282,3	20,2	615,2
1998	47,9	99,1	190,7	281,4	18,3	623,9
1999	48,3	116,6	187,4	284,0	17,0	635,6
2000	52,6	156,2	144,1	328,9	17,3	676,4
2001	49,6	162,0	208,8	304,9	17,6	714,6
2002	48,0	187,3	214,9	303,6	16,5	735,3
2003	48,2	213,1	211,5	305,5	15,2	752,7
2004	46,9	235,3	212,3	309,5	14,4	771,7
2005	44,8	258,4	223,1	302,8	13,5	788,9
2006	43,1	282,8	231,2	301,5	12,9	810,3
2007	43,4	320,4	235,7	272,9	11,8	811,8
2008	42,7	360,4	220,8	285,6	11,1	836,9
2009	41,5	375,2	211,0	300,9	10,5	851,4
2010	43,9	391,7	130,6	375,6	10,2	860,5
2011	42,4	415,5	241,1	259,9	9,4	870,9
2012	43,7	438,9	220,4	260,4	8,8	868,7
2013	43,6	462,3	197,2	278,7	8,7	881,2
2014	43,6	465,1	211,1	276,8	8,2	894,7
2015	45,5	476,7	232,1	239,7	7,9	888,7
2016	46,1	482,1	235,0	240,8	7,7	897,3

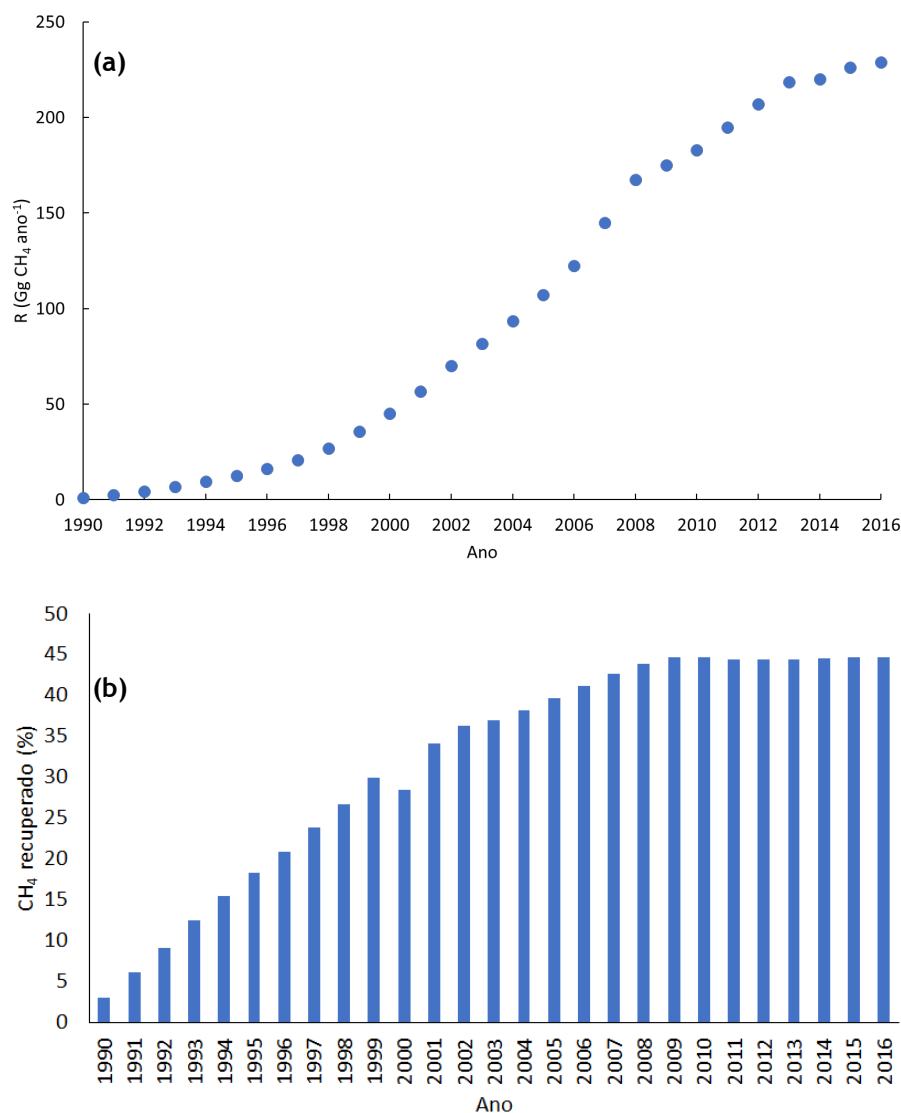
Figura 22. Correlações estatísticas entre emissões anuais de CH₄ no Brasil, no período de 1990 a 2016, e: (a) coleta e tratamento dos esgotos domésticos; e (b) coleta e tratamento dos esgotos domésticos e uso de fossa negra.



A recuperação do CH₄ ocorre no Brasil em sistemas de tratamento com reatores anaeróbios, em que se utilizam queimadores. A recuperação do gás foi crescente desde 1990 (Figura 23), função da maior participação de reatores anaeróbios nos sistemas de tratamento de esgotos domésticos, porém a porcentagem de recuperação ainda é baixa, alcançando 45% a partir de 2009 (Figura 23). A taxa média de aumento para recuperação do CH₄ no tratamento dos esgotos domésticos no Brasil foi de 25% ao ano, no período considerado. Essa taxa anual na primeira década do período inventariado, de 1990 a 2000, foi de 47% ao ano, motivada pela intensa implantação de sistemas com reatores anaeróbios no país. Na última década do período considerado, ou seja, entre 2006 e 2016, a taxa de recuperação de CH₄ cresceu somente 7% ao ano.

Adicionalmente, é importante ressaltar que a eficiência dos queimadores pode ser superior ao valor de 50% assumido para os sistemas com reatores anaeróbios no Brasil, o que resultaria em incremento do CH₄ recuperado. Projetos com previsão de uso energético do CH₄ também são alternativa e devem ser considerados para reduções futuras de emissão do subsetor.

Figura 23. Recuperação anual de CH₄ em sistemas de tratamento DWW com reator anaeróbio (a); e percentual de recuperação de CH₄ em relação ao total emitido em sistemas com coleta e tratamento DWW (b) no Brasil, no período de 1990 a 2016.



Ainda com relação ao tratamento ou via/sistema de descarga, paradoxalmente, as emissões de CH₄ por fossas negras também foram correlacionadas positivamente com as emissões totais de CH₄. Quando somadas as emissões de CH₄ das fossas negras e dos sistemas de coleta e tratamento de efluentes domésticos, a correlação com as emissões totais alcança valor de R² de 0,930 (Figura 23b); ou seja, superior ao valor de R² estabelecido na correlação das emissões totais com a geração exclusiva de CH₄ em sistemas de coleta e tratamento de esgotos (Figura 23a). As emissões de CH₄ e N₂O por estado estão apresentadas na Tabela 34 e na Tabela 39, respectivamente, no Apêndice B.

O N₂O emitido anualmente em função do tratamento de efluentes domésticos variou entre 4,9 e 8,2 Gg (Figura 21). Tal variação ocorreu fundamentalmente devido à variação populacional, uma vez que foram utilizados valores de consumo proteico da FAO (2009) e os demais fatores *default* do IPCC 2006.

A taxa média de crescimento das emissões de N₂O entre 1990 e 2016 foi de 1,3% ao ano, tal qual a taxa média anual para o CH₄.

Em síntese, o perfil das emissões de gases do efeito estufa (CH₄ e N₂O) devido ao tratamento e despejo de águas residuárias domésticas, segue principalmente o aumento populacional e a ampliação no acesso da população urbana a sistemas de coleta e tratamento dos esgotos. Considerando-se que essa ampliação é necessária e que deverá se manter em anos futuros, alternativas tecnológicas no tratamento dos esgotos com menor potencial de emissão de CH₄, bem como projetos de recuperação ou uso energético do CH₄, devem ser consideradas para redução da contribuição do subsetor nas emissões nacionais de gases do efeito estufa. Quanto ao N₂O, números nacionais mais específicos quanto ao consumo proteico e fatores de emissão para diferentes destinos dos efluentes devem estar no horizonte para aprimoramento das estimativas nacionais.

5.2 Tratamento e despejo de águas residuárias industriais (Categoria 5.D.2)

5.2.1 Metodologia

As equações utilizadas para cálculo das emissões provenientes do tratamento e despejo de águas residuárias industriais foram as indicadas pelo IPCC 2006, v. 5, ch. 6.

O modelo utilizado para estimar as emissões de CH₄ na categoria tratamento e despejo de águas residuárias industriais (5.D.2) segue a Equação 31 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 6, eq. 6.4, p. 6.20):

$$\text{CH}_4 \text{ Emissions} = \sum_i [(TOW_i - S_i) * EF_i - R_i] \quad (31)$$

em que:

CH₄ *emissions*, emissões de CH₄ no ano inventariado (kg CH₄ ano⁻¹); TOW_{*i*}, material orgânico total degradável no efluente da indústria *i* no ano inventariado (kg DQO ano⁻¹); *i*, setor industrial; S_{*i*}, componente orgânico removido do lodo no ano inventariado (kg DQO ano⁻¹); EF_{*i*}, fator de emissão da indústria *i* para cada tratamento/sistema utilizado no ano inventariado (kg CH₄ kg⁻¹ DQO); R_{*i*}, quantidade de CH₄ recuperada no ano inventariado (kg CH₄ ano⁻¹).

Para estimar a quantidade de material orgânico degradável na água residuária da indústria *i* (TOW_{*i*}), foi utilizada a Equação 32 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 6, eq. 6.6, p. 6.22):

$$TOW_i = P_i * W_i * COD_i \quad (32)$$

em que:

TOW_i, material orgânico degradável na água residuária da indústria *i* (kg DQO ano⁻¹); *i*, setor industrial; P_i, produção industrial total para a indústria do setor *i* (Mg ano⁻¹); W_i, efluente gerado (m³ Mg produto); DQO_i, demanda química de oxigênio (kg DQO m⁻³).

O fator de emissão por segmento industrial (EF_i) foi obtido através da média ponderada dos fatores de emissão para as diferentes tecnologias de tratamento. Para cada tecnologia, o fator de emissão é obtido pela Equação 33 (IPCC, 2006; v. 5, ch. 6, eq. 6.5, p. 6.21):

$$EF_j = B_0 * MCF_j \quad (33)$$

em que:

EF_j, fator de emissão para cada tecnologia de tratamento/sistema (kg CH₄ kg⁻¹ DQO); *j*, tecnologia de tratamento; B₀, capacidade máxima de produção de CH₄ (kg CH₄ kg⁻¹ DQO); MCF_j, fator de correção do CH₄.

No Terceiro Inventário, foram priorizados os setores industriais que geram efluentes com as maiores cargas orgânicas. Nesta atualização, os mesmos setores industriais foram considerados uma vez que eles ainda representam a maior participação de carga poluente. Os dados de produção industrial do período de 1990 a 2016 foram obtidos em diferentes fontes de dados, como IBGE e associações dos setores industriais em questão. Os demais parâmetros e fatores utilizados são os indicados pelo IPCC 2006.

5.2.2 Dados de atividade

Uma vez que não houve introdução de novos setores industriais na economia brasileira (IBGE, 2019c), nesta 4ª edição do Inventário Nacional foram utilizadas as atividades industriais classificadas como as de maior contribuição de carga orgânica potencialmente geradora de GEE nas edições passadas (MCT, 2010; MCTI, 2015), uma vez que não houve modificação na indústria brasileira desde então.

Produção industrial - P_i

A partir da identificação das nove atividades industriais de maior contribuição de carga orgânica potencialmente geradora de GEE (MCT, 2010; MCTI, 2015), foram levantados os dados de produção industrial (P_i; Mg) entre 1990 e 2016. A seguir, são apresentados os dados de P_i das atividades industriais inventariadas (Tabela 28).

A fração produzida em cada UF foi obtida por meio de dados estadualizados da produção e vendas dos 100 maiores produtos e/ou serviços industriais, segundo a Produção Industrial Anual - PIA (IBGE, 2019c), para o período entre 2005 e 2016, exceto Açúcar e Álcool, em que os dados são disponibilizados pela União Nacional das Indústrias de Cana-de-Açúcar - Unica (Unica, 2019). A mesma

fração encontrada em 2005 foi aplicada aos anos antecedentes, uma vez que não foi encontrada informação disponível.

Tabela 28. Produção industrial anual no Brasil, entre 1990 e 2016.

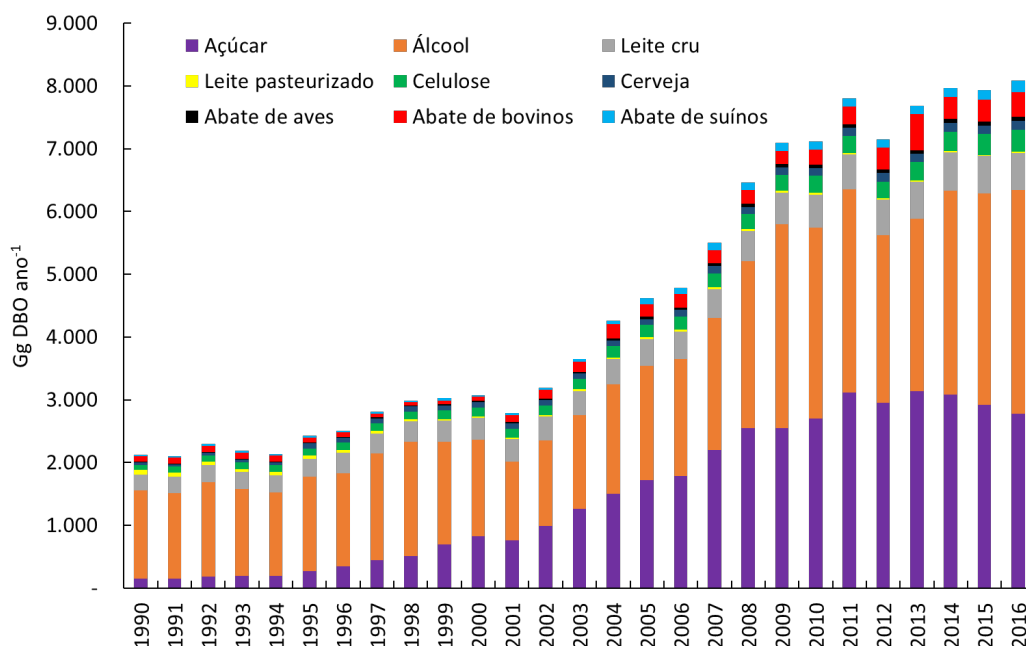
Ano	Açúcar*	Álcool	Leite cru	Leite pasteurizado	Celulose	Cerveja	Abate de aves	Abate de bovinos	Abate de suínos
	Gg								
1990	7.214	9.647	14.947	4.184	4.351	3.813	1.605	2.836	730
1991	7.365	9.319	15.562	3.867	4.778	3.947	1.801	2.921	812
1992	8.530	10.295	16.289	3.445	5.302	4.082	1.911	3.062	893
1993	9.264	9.492	16.090	2.793	5.471	4.216	2.074	3.124	885
1994	9.162	9.138	16.289	2.977	5.829	4.350	2.196	2.829	855
1995	12.652	10.319	17.001	3.251	5.936	8.175	2.318	2.534	825
1996	13.513	10.205	19.107	2.926	6.201	8.084	2.439	2.239	794
1997	14.828	11.649	19.263	2.343	6.331	8.228	2.561	1.944	764
1998	14.887	12.475	19.292	2.043	6.687	8.668	2.683	1.649	734
1999	18.024	11.230	19.680	1.754	7.209	8.665	2.993	1.782	1.200
2000	19.388	10.507	20.400	1.682	7.463	9.178	3.317	2.164	673
2001	16.198	8.571	21.166	1.486	7.412	9.297	4.216	3.178	1.223
2002	19.218	9.336	22.336	1.527	8.021	9.095	4.518	4.252	1.088
2003	22.567	10.215	22.966	1.589	9.069	8.603	4.822	4.812	1.436
2004	24.919	11.925	24.226	1.641	9.620	9.456	5.102	6.871	1.794
2005	26.685	12.453	25.409	1.600	10.352	10.035	6.412	6.145	2.887
2006	25.823	12.803	26.211	1.662	11.180	10.791	6.561	6.448	3.096
2007	29.988	14.440	26.974	1.765	11.998	11.683	7.734	6.614	3.489
2008	31.026	18.230	28.468	1.852	12.697	12.409	7.960	6.767	3.822
2009	31.049	22.275	30.037	1.847	13.315	12.695	8.223	6.526	4.052
2010	32.956	20.790	31.698	1.744	14.164	13.168	8.609	7.446	4.076
2011	38.006	22.154	33.123	1.677	13.922	13.978	9.881	8.774	3.850
2012	35.925	18.355	33.338	1.476	13.977	14.463	9.712	10.771	3.871
2013	38.246	18.796	35.351	1.383	15.127	13.832	9.593	18.021	4.063
2014	37.594	22.235	36.300	1.259	16.465	14.703	10.373	10.989	4.259
2015	35.571	23.047	35.717	1.129	17.370	14.505	10.733	10.802	4.834
2016	33.837	24.465	34.733	1.140	18.773	14.227	11.709	12.044	5.626

* Açúcar e Álcool (Unica, 2019); Leite cru (PPM - IBGE, 2019); Leite pasteurizado, (ABLV, 2019); Celulose (IBA; 2019); Cerveja, Abate de aves, Abate de bovinos e Abate de suínos (PIA - IBGE, 2019).

Material orgânico degradável em águas residuárias industriais - TOW

Um dos principais dados de atividade do subsetor 5.D.2 é o material orgânico degradável em águas residuárias industriais (TOW; kg DBO ano⁻¹) gerado pelos setores industriais mais relevantes (Figura 24). Ele foi calculado em função da produção do setor industrial (P_i - produção do setor industrial i no ano inventariado; Mg ano⁻¹) e da carga orgânica (CO_i) gerada por unidade de produto ($CO_i = W_i \cdot COD_i$; Mg DBO Mg⁻¹ produto). A carga orgânica é o produto do volume de água residuária gerada por unidade de produto (W_i , m³ Mg⁻¹ produto) e da concentração de material carbonáceo contida na água residuária (COD_i , kg DQO m⁻³).

Figura 24. Material orgânico degradável (TOW) em águas residuárias industriais no Brasil, anualmente, entre 1990 e 2016.



Dados de geração de carga orgânica por unidade de produto são escassos, uma vez que ela varia significativamente ao longo dos estágios de produção, bem como em relação às diferentes tecnologias de produção empregadas. Esta 4ª edição do Inventário Nacional identificou e atualizou alguns dos valores presentes no painel de especialistas utilizado na edição anterior, conforme demonstrado na Tabela 29.

Tabela 29. Carga orgânica (kg DBO/tonelada de produto) da água residuária dos setores industriais avaliados.

Setor*	Carga Orgânica (kg DBO Mg ⁻¹ produto)
Açúcar (1990-1995)	21
Açúcar (2008-2016)	82
Álcool	146
Leite cru	17
Leite pasteurizado	17
Celulose	19
Cerveja	9
Abate de aves	6
Abate de bovinos	33
Abate de suínos	33

* Açúcar (CTC, 1995; ANA, 2009); Álcool (ANA, 2009); Celulose (IPPC, 2015); Leite cru, Leite pasteurizado, Cerveja, Abate de aves, Abate de bovinos e Abate de suínos (MCTIC, 2015).

Metano recuperado - R

De acordo com o painel de especialistas realizado no Terceiro Inventário Nacional (MCTI, 2015), reatores anaeróbios contêm invariavelmente queimadores para o gás gerado e dessa forma o CH₄ produzido nesses sistemas é parcialmente destruído, sendo a eficiência de destruição do CH₄ de

aproximadamente 50%. A estimativa de R foi calculada com base nessas premissas, considerando apenas o CH₄ gerado em reatores anaeróbios.

Componente orgânico removido como lodo - S

Diferentemente do lodo do tratamento de águas residuárias domésticas, em que a totalidade é enviada a SWDS devido ao potencial patogênico do resíduo, lodos do tratamento de águas residuárias industriais são passíveis de reutilização (aplicação direta no solo como fertilizante), de reciclagem (compostagem) ou de destinação direta a SWDS. Uma vez que não foi possível estabelecer as frações enviadas para cada destino, a carga orgânica do lodo permaneceu no cálculo deste subsetor. De acordo com as Diretrizes IPCC 2006, sempre que o componente orgânico presente no lodo for removido do tratamento de águas residuárias, deverá ser contabilizado em outro setor (IPCC, 2006). Quando não é possível fazer a remoção do lodo, deve ser contabilizado no setor de origem (IPCC, 2006).

5.2.3 Parâmetros e fatores de emissão

Capacidade máxima de produção de CH₄ - B₀

Foi utilizado valor-padrão de 0,6 kg CH₄ kg⁻¹ DBO (IPCC, 2006).

Fator de correção de CH₄ - MCF

Todos os valores da fração de água residuária industrial tratada por tecnologia empregada utilizados nas edições anteriores do Inventário Nacional foram mantidos, exceto para os setores produtivos de açúcar e álcool, como se observa na Tabela 30.

Segundo a Agência Nacional de Águas - ANA (2009) em seu *Manual de conservação e reúso de água na agroindústria sucroenergética*, todos os efluentes das usinas de cana-de-açúcar, independentemente da etapa de produção (lavagem da cana, resfriamento, limpeza de equipamentos, entre outros) ou do tipo de produto gerado (açúcar ou etanol) são dispostos no solo para fertirrigação ou simplesmente como descarte. Dessa forma, foi considerado o envio de 100% da água residuária das indústrias de açúcar e álcool para o solo.

A partir da representatividade dos sistemas de tratamento observados e seus respectivos MCF, foi possível calcular o MCF ponderado para cada ano (Tabela 31).

Tabela 30. Fator de correção de metano (MCF) e fração de água residuária tratada por tipo de tecnologia empregada, referentes ao Terceiro e Quarto Inventário Nacional.

Edição	Tipo de tratamento/disposição	MCF	Açúcar	Álcool	Leite cru	Leite pasteurizado	Celulose	Cerveja	Abate de aves	Abate de bovinos	Abate de suínos
			----- Fração de água residuária tratada por tipo de tecnologia -----								
Terceiro Inventário	Solo	-	0,90	0,90	-	-	-	-	-	-	-
	Lagoa anaeróbia	0,80	0,03	0,03	0,11	0,13	0,03	0,03	0,11	0,11	0,11
	Lagoa facultativa	0,20	0,03	0,03	0,11	0,13	0,03	0,03	0,11	0,11	0,10
	Lagoa aeróbia	0,00	-	-	0,10	0,12	0,08	0,04	0,11	0,11	0,10
	Reator anaeróbio	0,80	0,03	0,03	0,09	0,15	-	0,48	0,07	0,10	0,14
	Lodo ativado	0,80	0,00	0,00	0,09	0,15	0,72	0,20	0,30	0,20	0,23
	Tratamento secundário e terciário aeróbios	-	-	-	-	0,02	-	0,02	0,00	0,02	0,02
	Lançado em corpos d'água	0,10	0,01	0,01	0,50	0,30	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30
Quarto Inventário ^a	Solo*	-	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-
	Lagoa anaeróbia	0,80	-	-	0,11	0,13	0,03	0,03	0,11	0,11	0,11
	Lagoa facultativa**	0,50	-	-	0,11	0,13	0,03	0,03	0,11	0,11	0,10
	Lagoa aeróbia	0,10	-	-	0,10	0,12	0,08	0,04	0,11	0,11	0,10
	Reator anaeróbio	0,80	-	-	0,09	0,15	-	0,48	0,07	0,10	0,14
	Lodo ativado	0,10	-	-	0,09	0,15	0,72	0,20	0,30	0,20	0,23
	Tratamento secundário e terciário aeróbios [†]	0,30	-	-	-	0,02	-	0,02	0,00	0,02	0,02
	Lançado em corpos d'água	0,10	-	-	0,50	0,30	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30

^a As frações de cada tratamento utilizado nos setores industriais foram obtidas por meio de painel de especialistas no Terceiro Inventário Nacional (MCTI, 2016; Relatório de Referência, setor Tratamento de Resíduos, Tabela 38, p. 55); exceto para as indústrias de açúcar e álcool, atualizados para ANA (2009).

* As emissões decorrentes da disposição de efluentes no solo com intuito de fertilização devem ser contabilizadas no setor Agropecuária.

** Esta categoria não está descrita nas Diretrizes IPCC 2006. Por se tratar de um tratamento misto, metade aeróbio e metade anaeróbio, o MCF para este tratamento foi obtido através do valor médio entre os valores MCF descritos para tratamentos aeróbios (0,1) e anaeróbios (0,8).

[†] Valores MCF para tratamento aeróbio em unidades mal gerenciadas, segundo as Diretrizes IPCC 2006.

Tabela 31. Fator de correção de metano (MCF) anual, por setor industrial inventariado.

Ano	Açúcar	Álcool	Leite cru	Leite pasteurizado	Celulose	Cerveja	Abate de aves	Abate de bovinos	Abate de suínos	Referência
1990	-	-	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	1º Inventário
1991	-	-	0,19	0,19	0,18	0,21	0,18	0,19	0,19	interpolação
1992	-	-	0,19	0,20	0,17	0,24	0,19	0,19	0,19	
1993	-	-	0,20	0,21	0,17	0,28	0,19	0,20	0,20	
1994	-	-	0,20	0,21	0,17	0,31	0,20	0,20	0,21	
1995	-	-	0,21	0,22	0,17	0,34	0,20	0,21	0,21	
1996	-	-	0,21	0,23	0,16	0,37	0,21	0,21	0,22	
1997	-	-	0,22	0,24	0,16	0,40	0,21	0,22	0,23	
1998	-	-	0,22	0,25	0,16	0,44	0,22	0,23	0,24	
1999	-	-	0,23	0,26	0,16	0,47	0,22	0,23	0,24	
2000	-	-	0,23	0,27	0,15	0,50	0,23	0,24	0,25	
2001	-	-	0,24	0,27	0,15	0,53	0,23	0,24	0,26	
2002	-	-	0,24	0,28	0,15	0,56	0,23	0,25	0,26	
2003	-	-	0,25	0,29	0,15	0,60	0,24	0,25	0,27	
2004	-	-	0,25	0,30	0,14	0,63	0,24	0,26	0,28	
2005	-	-	0,26	0,31	0,14	0,66	0,25	0,27	0,28	Segundo Inventário
2006	-	-	0,26	0,32	0,14	0,62	0,25	0,27	0,29	interpolação
2007	-	-	0,27	0,33	0,14	0,59	0,26	0,28	0,30	
2008	-	-	0,27	0,33	0,13	0,55	0,26	0,28	0,31	
2009	-	-	0,28	0,34	0,13	0,51	0,27	0,29	0,31	Terceiro Inventário
2010	-	-	0,28	0,35	0,13	0,47	0,27	0,30	0,32	
2011	-	-	0,28	0,35	0,13	0,47	0,27	0,30	0,32	conservada a última observação
2012	-	-	0,28	0,35	0,13	0,47	0,27	0,30	0,32	
2013	-	-	0,28	0,35	0,13	0,47	0,27	0,30	0,32	
2014	-	-	0,28	0,35	0,13	0,47	0,27	0,30	0,32	
2015	-	-	0,28	0,35	0,13	0,47	0,27	0,30	0,32	
2016	-	-	0,28	0,35	0,13	0,47	0,27	0,30	0,32	

* Valores de MCF atualizados mantendo as proporções da água residuária tratada por tecnologia de tratamento, exceto para açúcar e álcool (vide Tabela 17).

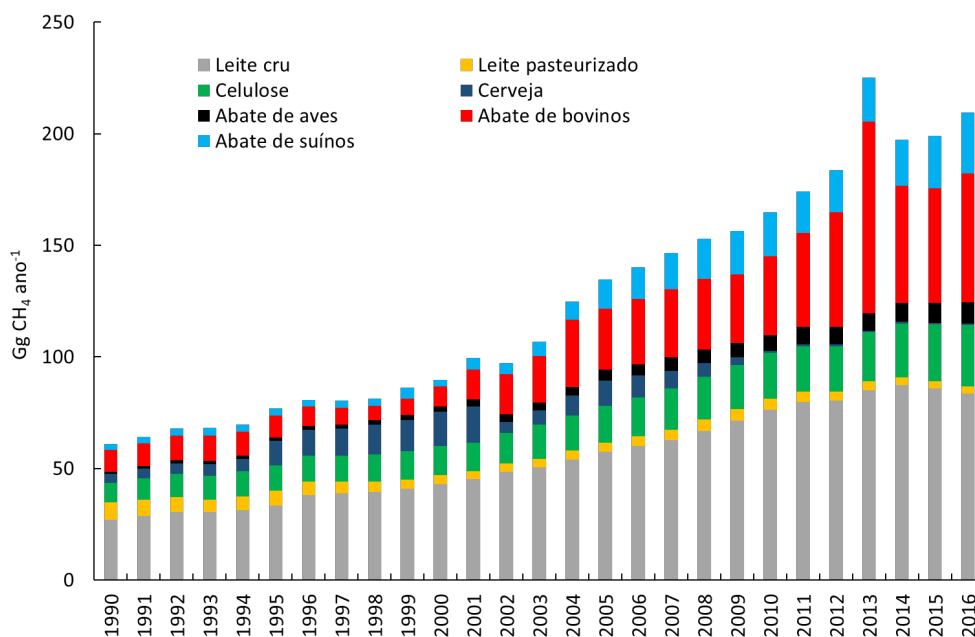
5.2.4 Resultados

As emissões totais de CH₄ a partir do tratamento e despejo de efluentes industriais cresceu a uma taxa anual média de 5,0%, no período de 1990 a 2016 (Figura 25 e Figura 26). Os valores totais de emissão de CH₄ variaram entre um mínimo de 61 Gg ano⁻¹ e um máximo de 225,3 Gg/ano⁵.

Tabela 32. Emissões totais de CH₄ da categoria Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Industriais, para o período de 1990 a 2016.

ANO	Açúcar	Álcool	Leite cru	Leite pasteurizado	Celulose	Cerveja	Abate de aves	Abate de bovinos	Abate de suínos	TOTAL
	----- Gg CH ₄ ano ⁻¹ -----									
1990	-	-	27,1	7,6	8,9	3,9	1	9,9	2,6	61,0
1991	-	-	28,7	7,2	9,7	4,3	1,1	10,4	2,9	64,3
1992	-	-	30,5	6,6	10,6	4,7	1,2	11,1	3,2	68,9
1993	-	-	30,6	5,5	10,7	5,1	1,4	11,5	3,3	68,1
1994	-	-	31,5	6	11,3	5,6	1,5	10,6	3,2	69,7
1995	-	-	33,4	6,7	11,3	11	1,6	9,6	3,2	76,8
1996	-	-	38,1	6,2	11,6	11,5	1,7	8,7	3,1	80,9
1997	-	-	39	5,1	11,7	12,2	1,8	7,6	3	80,4
1998	-	-	39,6	4,5	12,1	13,4	1,9	6,6	3	81,1
1999	-	-	41	4	12,9	14	2,1	7,3	4,9	86,2
2000	-	-	43,1	3,9	13,1	15,4	2,4	9	2,8	89,7
2001	-	-	45,3	3,5	12,8	16,3	3,1	13,4	5,2	99,6
2002	-	-	48,5	3,7	13,6	5,2	3,3	18,2	4,7	97,2
2003	-	-	50,5	3,9	15,1	6,5	3,6	20,9	6,3	106,8
2004	-	-	54	4	15,8	8,8	3,8	30,2	8	124,6
2005	-	-	57,4	4,1	16,6	11,2	4,9	27,4	13	134,6
2006	-	-	60	4,3	17,6	9,7	5,1	29,2	14,2	140,1
2007	-	-	62,6	4,7	18,6	8,1	6,1	30,3	16,2	146,6
2008	-	-	66,9	5	19,3	5,9	6,3	31,5	18	152,9
2009	-	-	71,5	5,1	19,8	3,4	6,6	30,8	19,4	156,6
2010	-	-	76,4	4,9	20,7	0,7	7	35,6	19,8	165,1
2011	-	-	79,8	4,7	20,3	0,7	8	41,9	18,7	174,1
2012	-	-	80,3	4,1	20,4	0,8	7,9	51,4	18,8	183,7
2013	-	-	85,2	3,9	22,1	0,7	7,8	85,9	19,7	225,3
2014	-	-	87,5	3,5	24	0,8	8,5	52,4	20,7	197,4
2015	-	-	86	3,2	25,4	0,8	8,8	51,5	23,5	199,2
2016	-	-	83,7	3,2	27,4	0,8	9,6	57,5	27,3	209,5

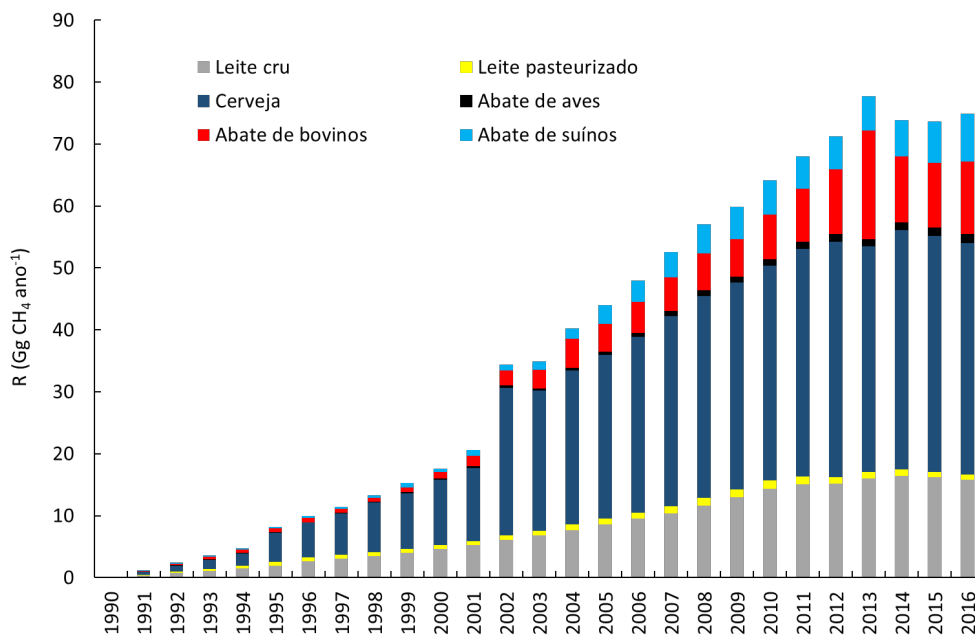
⁵ As emissões estaduais de CH₄ geradas pelo tratamento e despejo de efluentes industriais no período de 1990 a 2016 são apresentadas na Tabela 43, Apêndice B.

Figura 25. Emissões nacionais de CH₄ pela atividade de tratamento e despejo de águas residuárias industriais (5.D.2), no período de 1990 a 2016.

O setor de produção de leite cru e pasteurizado respondeu por mais da metade das emissões nacionais de CH₄ até o ano de 2003, quando a contribuição do setor de abate animal de aves, de suínos e principalmente de bovinos passou a contribuir com maior geração de CH₄ (Figura 25). As taxas anuais de incremento das emissões de CH₄ pelos setores de abate de aves, de suínos e de bovinos foram iguais a 9,3%, 12,2% e 9,1%, respectivamente. O setor de leite cru mostrou crescimento médio anual de emissões igual a 4,5%, enquanto o setor de leite pasteurizado mostrou taxa média anual negativa de emissão de CH₄ igual a -2,5%.

O setor de produção de cerveja é o que promove a maior recuperação de CH₄, respondendo por 39,2 a 69,5% do total recuperado pelos setores inventariados entre os anos de 1990 e 2016 (Figura 26).

Figura 26. Recuperação de CH₄ (R) em reatores anaeróbios utilizados para o tratamento de águas residuárias industriais (IWW) no Brasil, de 1990 a 2016.

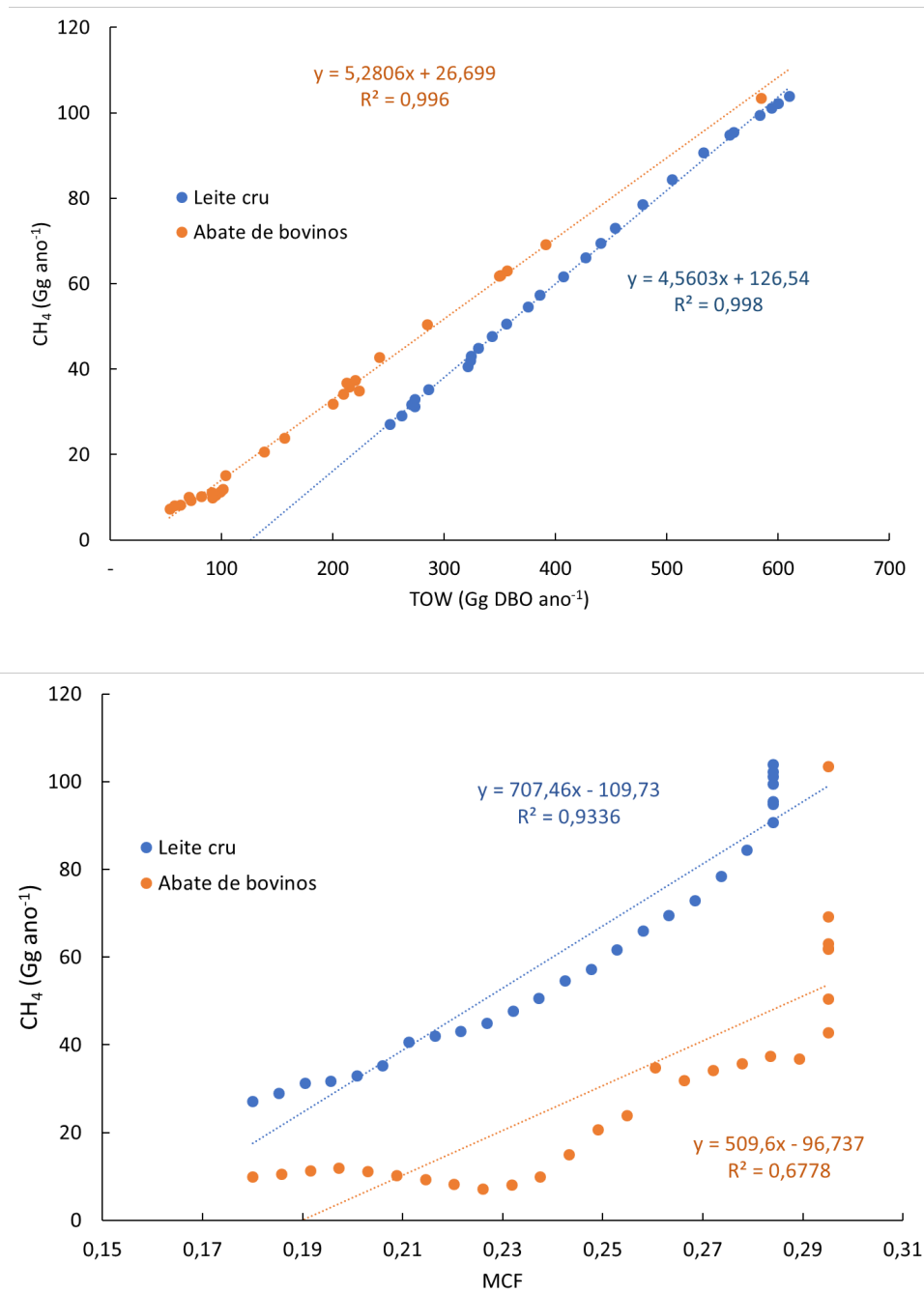


A dependência das emissões de CH₄ em relação à carga orgânica degradável presente na água residuária (TOW) e em relação ao fator de correção do metano (MCF) definido em função dos sistemas de tratamento foi testada utilizando-se os dados nacionais dos setores de produção de leite cru e de abate de bovinos. Esses setores foram escolhidos porque, conforme mencionado anteriormente, têm papéis de destaque diferenciados nos dois momentos avaliados, entre 1990 e 2003 e entre 2004 e 2016. Quando somadas as contribuições desses setores nas emissões de CH₄, eles responderam no período total analisado por algo em torno de 56,0 a 75,9% das emissões nacionais no tratamento de efluentes industriais.

As emissões de CH₄ mostraram maior dependência com relação a TOW (Figura 27), comparativamente ao MCF, embora para produção de leite cru o MCF também tenha evidenciado boa relação com o CH₄ emitido (Figura 27).

Considerando-se que na estimativa da TOW são utilizados valores de produção industrial dos setores inventariados, relação de geração de efluente por unidade de produto e a carga orgânica (em DBO) característica do tipo de efluente, fica evidente que a maior parte da variabilidade dos valores de TOW se deve à produção industrial. Deve-se considerar também que a relação de geração de efluente por unidade de produto e a carga orgânica do efluente em DBO são parâmetros de alteração em médio-longo prazo, enquanto a produção responde mais rapidamente às demandas e oportunidades de mercado.

Figura 27. Correlações estatísticas entre as emissões anuais de CH₄ pelos setores de produção de leite cru e de abate de bovinos e: (a) os valores de carga orgânica degradável (TOW); e (b) os valores do fator de correção do metano (MCF).



6. CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os dados utilizados para execução dos modelos foram devidamente documentados enquanto sua fonte e seus valores, durante todo o processo de cômputo das estimativas. Os dados foram armazenados tanto em seu formato original, tal como extraído de sua fonte, quanto após o processamento realizado para a construção das séries históricas.

Sempre que utilizados dados nacionais, a preferência foi por dados provenientes de órgãos oficiais, como é o caso do IBGE e do MDR, principais referências no setor de Resíduos. Quando o dado oficial era ausente, foi realizada revisão bibliográfica para obtenção de valor representativo mediante análise estatística para eliminação de pontos discrepantes.

Sempre que utilizados dados nacionais, sua magnitude foi comparada com valores *default* das Diretrizes IPCC 2006, bem como com outros inventários internacionais. Quando valores fora da tendência eram identificados, foram avaliados quanto à possibilidade de erro, sempre por mais de um revisor.

Na ausência de completude da série histórica avaliada, as lacunas de dados foram preenchidas utilizando-se modelos estatísticos consolidados como forma de assegurar que as estimativas não fossem tendenciosas, ou seja, sem vieses. As análises estatísticas foram realizadas por meio de rotinas de programação utilizando o software SAS - *Statistical Analysis System*.

As planilhas de cálculo foram otimizadas de forma a assegurar a rastreabilidade dos valores que alimentam o modelo e de todas as etapas de cálculo. Durante todo o processo de cômputo das estimativas houve revisão dos valores e/ou resultados pela equipe do MCTI, bem como revisão interna realizada por meio de sorteio.

7. AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS E CONSISTÊNCIA TEMPORAL

A incerteza observada no inventário de emissões e remoções de GEE resulta da variabilidade natural dos processos de emissão, bem como do conhecimento incompleto das fontes de emissão, dos erros e lacunas ocorridos na coleta de dados e nas informações estatísticas, na determinação e na escolha incorreta dos fatores e parâmetros de emissão devido a erros nos dados de monitoramento, estudos de referência e opinião de especialistas.

As incertezas foram avaliadas por meio da análise de Monte Carlo, que segundo o IPCC 2006 é adequada para uma avaliação detalhada da incerteza por categoria, particularmente onde as incertezas são grandes, a distribuição não é normal, os algoritmos são funções complexas e/ou existem correlações entre alguns dos conjuntos de atividades, fatores de emissão, ou ambos.

Na análise de Monte Carlo valores aleatórios do fator de emissão, dado de atividade e outros parâmetros utilizados na estimativa de emissão são selecionados de dentro de suas funções individuais de densidade de probabilidade e, a partir deles, são calculados os valores de emissão correspondentes. Esse procedimento foi repetido 10.000 vezes de modo que os resultados de cada repetição foram utilizados para construir a função de densidade de probabilidade da emissão (Tabela 33).

Tabela 33. Precisão das estimativas de emissão de GEE do setor de Resíduos.

Ano	Emissões de CH ₄				Emissões de N ₂ O				Emissões de CO ₂			
	5.A	5.B	5.C	5.D	5.A	5.B	5.C	5.D	5.A	5.B	5.C	5.D
	----- Incerteza (%) -----											
1990	26,3	59,9	37,1	11,8	NA	60,5	43,1	28,5	NA	NA	43,8	NA
1991	24,8	60,4	36,0	11,8	NA	57,2	41,4	28,2	NA	NA	42,6	NA
1992	24,1	58,6	34,4	11,7	NA	56,2	40,4	28,3	NA	NA	41,6	NA
1993	23,7	58,4	34,2	11,5	NA	56,6	40,6	28,6	NA	NA	41,2	NA
1994	23,2	55,4	32,7	11,5	NA	56,1	39,4	28,2	NA	NA	40,2	NA
1995	23,2	56,8	32,6	11,4	NA	55,3	39,0	28,5	NA	NA	39,4	NA
1996	22,8	52,2	31,5	11,3	NA	51,9	38,2	27,9	NA	NA	38,7	NA
1997	21,5	51,1	30,6	11,4	NA	47,6	38,2	28,5	NA	NA	39,9	NA
1998	20,6	50,9	30,7	11,3	NA	50,1	37,8	27,8	NA	NA	40,2	NA
1999	21,1	49,9	30,5	11,4	NA	47,7	38,0	29,1	NA	NA	39,6	NA
2000	20,2	57,4	28,8	11,1	NA	54,9	36,0	28,6	NA	NA	36,5	NA
2001	21,0	47,4	29,5	11,0	NA	45,6	36,9	28,5	NA	NA	37,9	NA
2002	19,6	47,9	30,2	11,4	NA	47,1	37,0	28,1	NA	NA	37,7	NA
2003	19,5	40,6	30,7	11,4	NA	39,1	36,4	29,4	NA	NA	38,1	NA
2004	18,1	45,8	33,4	11,6	NA	45,5	39,2	28,3	NA	NA	40,0	NA
2005	18,4	46,3	29,3	11,9	NA	44,0	35,6	28,5	NA	NA	37,7	NA
2006	18,1	44,9	31,1	11,9	NA	46,0	36,3	28,5	NA	NA	37,7	NA
2007	19,2	43,3	30,8	12,0	NA	42,7	35,5	28,3	NA	NA	39,3	NA
2008	19,6	46,6	40,9	12,8	NA	45,8	44,5	28,6	NA	NA	47,2	NA
2009	20,5	44,6	30,2	13,0	NA	43,2	36,3	27,8	NA	NA	40,3	NA
2010	19,7	43,1	27,8	13,0	NA	42,1	34,0	28,1	NA	NA	35,5	NA
2011	18,6	42,7	31,1	13,1	NA	41,5	36,0	28,3	NA	NA	36,4	NA
2012	18,3	42,1	34,4	13,1	NA	40,1	38,3	28,0	NA	NA	41,8	NA
2013	17,1	41,4	31,4	13,5	NA	40,0	36,2	28,2	NA	NA	39,6	NA
2014	17,3	48,2	31,9	13,3	NA	47,2	37,0	28,2	NA	NA	40,2	NA
2015	18,4	41,2	35,1	13,8	NA	40,1	39,3	27,6	NA	NA	40,7	NA
2016	17,4	55,2	34,0	13,5	NA	54,0	39,0	27,6	NA	NA	70,0	NA

Figura 28. Evolução da emissão (líquida) média brasileira de CH₄ (linha), com respectivos limites de incerteza (sombreado), do subsetor 5.A. Disposição de Resíduos Sólidos.

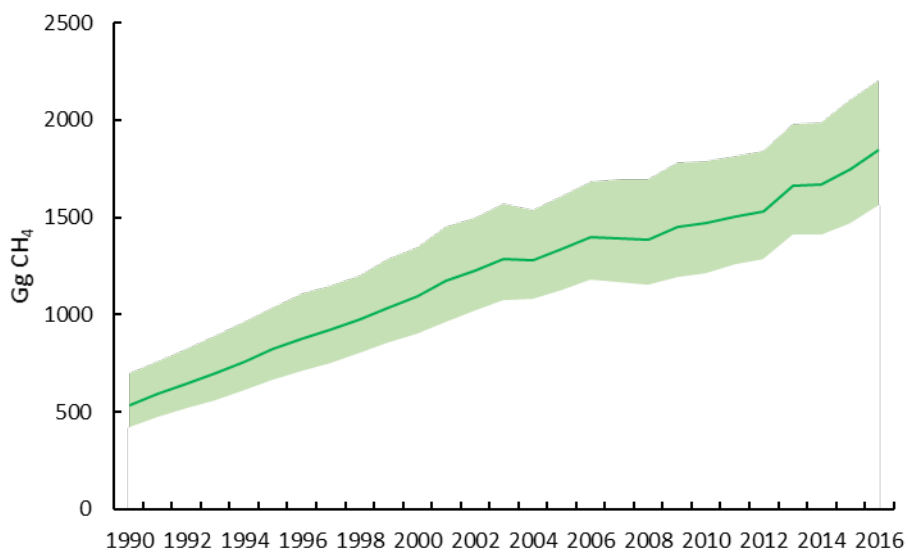


Figura 29. Evolução da emissão média brasileira (linha) de CH₄ (a) e N₂O (b), com respectivos limites de incerteza (sombreado), do subsetor 5.B. Tratamento Biológico de Resíduos.

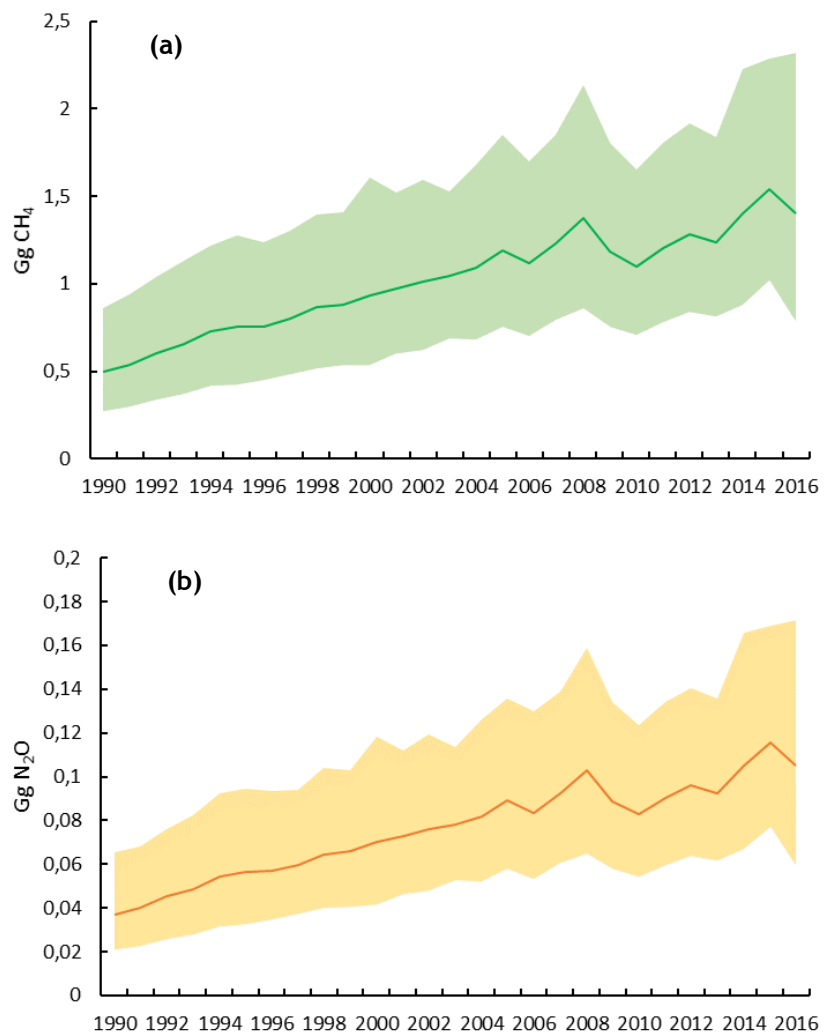


Figura 30. Evolução da emissão média brasileira (linha) de CH₄ (a), N₂O (b) e CO₂ (c), com respectivos limites de incerteza (sombreado), do subsetor 5.C. Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto.

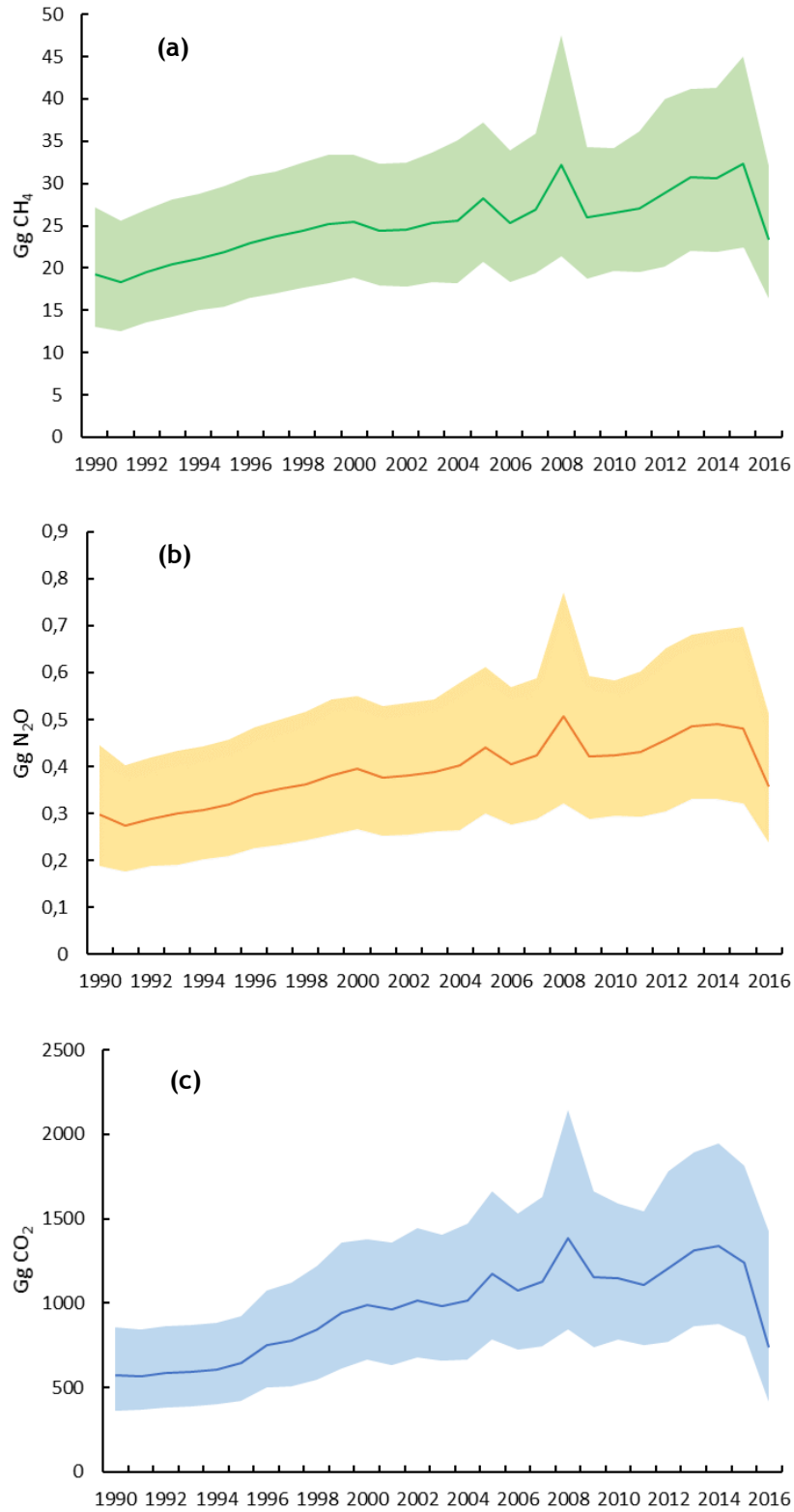
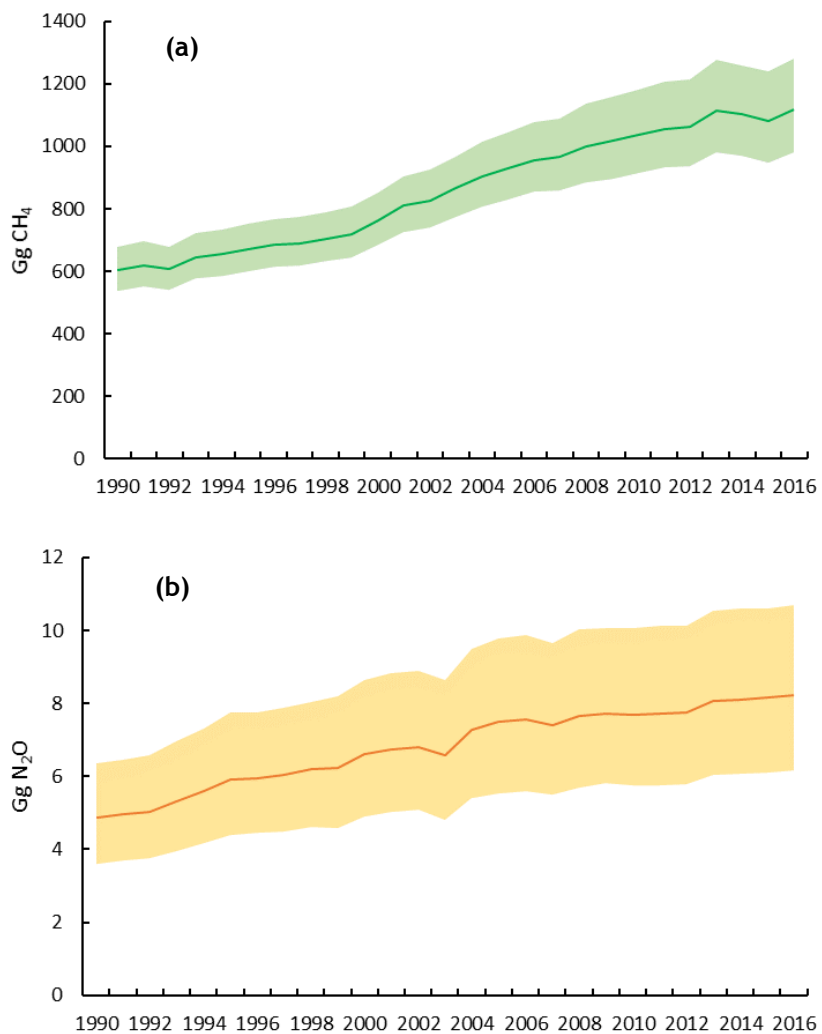


Figura 31. Evolução da emissão (líquida) média brasileira (linha) de CH₄ (a) e N₂O (b), com respectivos limites de incerteza (sombreado), do subsetor 5.D. Tratamento e Despejo de Águas Residuárias.

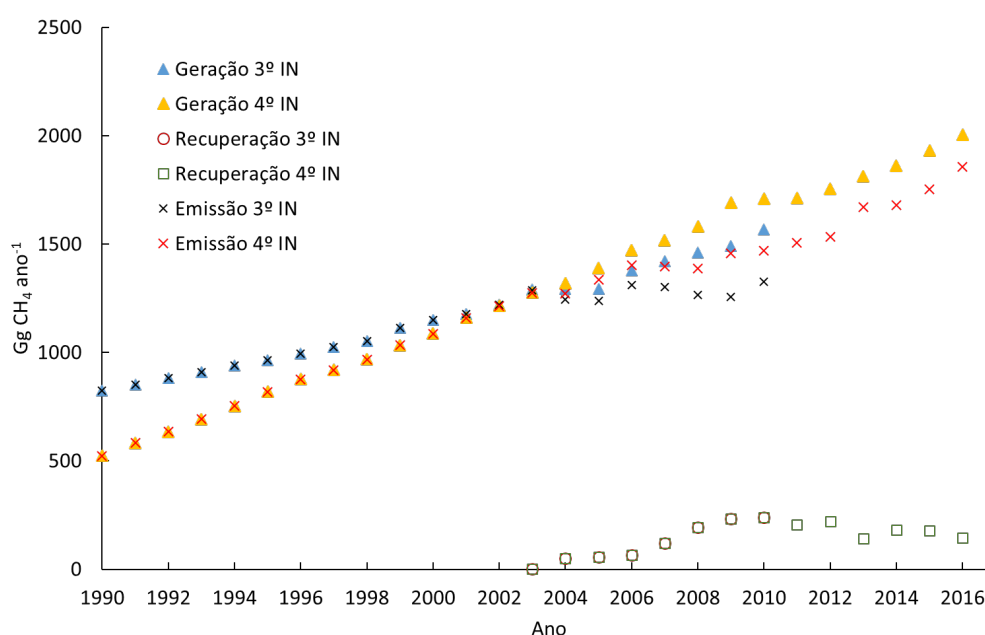


8. DIFERENÇAS EM RELAÇÃO AO TERCEIRO INVENTÁRIO NACIONAL

8.1 Disposição de Resíduos Sólidos (Subsetor 5.A)

As estimativas das emissões de GEE provenientes da disposição de resíduos sólidos obtidas no Quarto Inventário foram calculadas utilizando metodologia, bases de dados e premissas diferentes daquelas utilizadas no Terceiro Inventário.

Figura 32. Disposição de Resíduos Sólidos (5.A): resultados do Terceiro e Quarto Inventários Nacionais.



Primeiramente, houve atualização metodológica, uma vez que a metodologia utilizada no Terceiro Inventário foram as Diretrizes do IPCC 2000 e nesta versão foi aplicada a metodologia do IPCC 2006. A base de dados de população total foi ampliada, com aumento do número de dados observados e redução do número de dados estimados. Além disso, na 3ª edição, foi considerada apenas a população urbana como geradora de MSW. Na edição atual, foram consideradas as populações urbana e rural com coleta de MSW, dados provenientes da Pnad, PNSB, Censo e SNIS. As taxas de geração *per capita* também foram diferentes, uma vez que no Quarto Inventário foram calculadas a partir de dados de MSW coletados por população total atendida com coleta.

A escolha do fator MCF aplicado no Terceiro Inventário tinha como base a premissa de que a qualidade do manejo do SWDS do município dependia do tamanho de sua população (quanto maior a população, melhor a gestão). No Quarto Inventário foram obtidas informações sobre SWDS de todos os municípios do Brasil (SINIR, 2015), classificando-os como lixões, aterros controlados e aterros sanitários. Na classificação indicada pelo IPCC 2006, lixões e aterros

controlados foram classificados como não categorizados (MCF = 0,6) e aterros sanitários são locais manejados (MCF = 0,8). Os anos de início de operação desses aterros foram obtidos a partir das informações declaradas no SNIS até o ano de 2016 (MCID, 2018).

Para o Quarto Inventário atualizaram-se as referências sobre composição gravimétrica de MSW utilizadas no Terceiro e os dados faltantes foram estimados a partir de cada fração gravimétrica, diferentemente do Terceiro, que as agrupou em função do DOC antes de obter os valores estimados.

Por último, destaca-se que o fator de oxidação (OX) empregado no último Inventário foi de 0,1 para aterros sanitários. Nesta atualização, com base no que é indicado no IPCC 2006, não existem locais de disposição com oxidação de CH₄ no Brasil.

Dadas todas as diferenças descritas, era esperado que os valores de emissão obtidos fossem diferentes daqueles apresentados por ocasião do Terceiro Inventário. Até 2003, a geração e a emissão de metano devido à disposição de resíduos sólidos em aterros são menores do que aquelas apresentadas no Terceiro Inventário. A partir de 2004, a geração e a emissão são maiores.

As diferenças na geração e emissão podem ser explicadas principalmente pelas alterações quanto à fração de resíduos enviados para aterros sanitários anualmente, que nesta edição foi obtida a partir de dados observados no Sinir e SNIS e não por premissas e devido às modificações da atualização do método de decaimento de primeira ordem apresentadas em IPCC 2006 com relação à metodologia de IPCC 2000.

8.2 Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos (Subsetor 5.B)

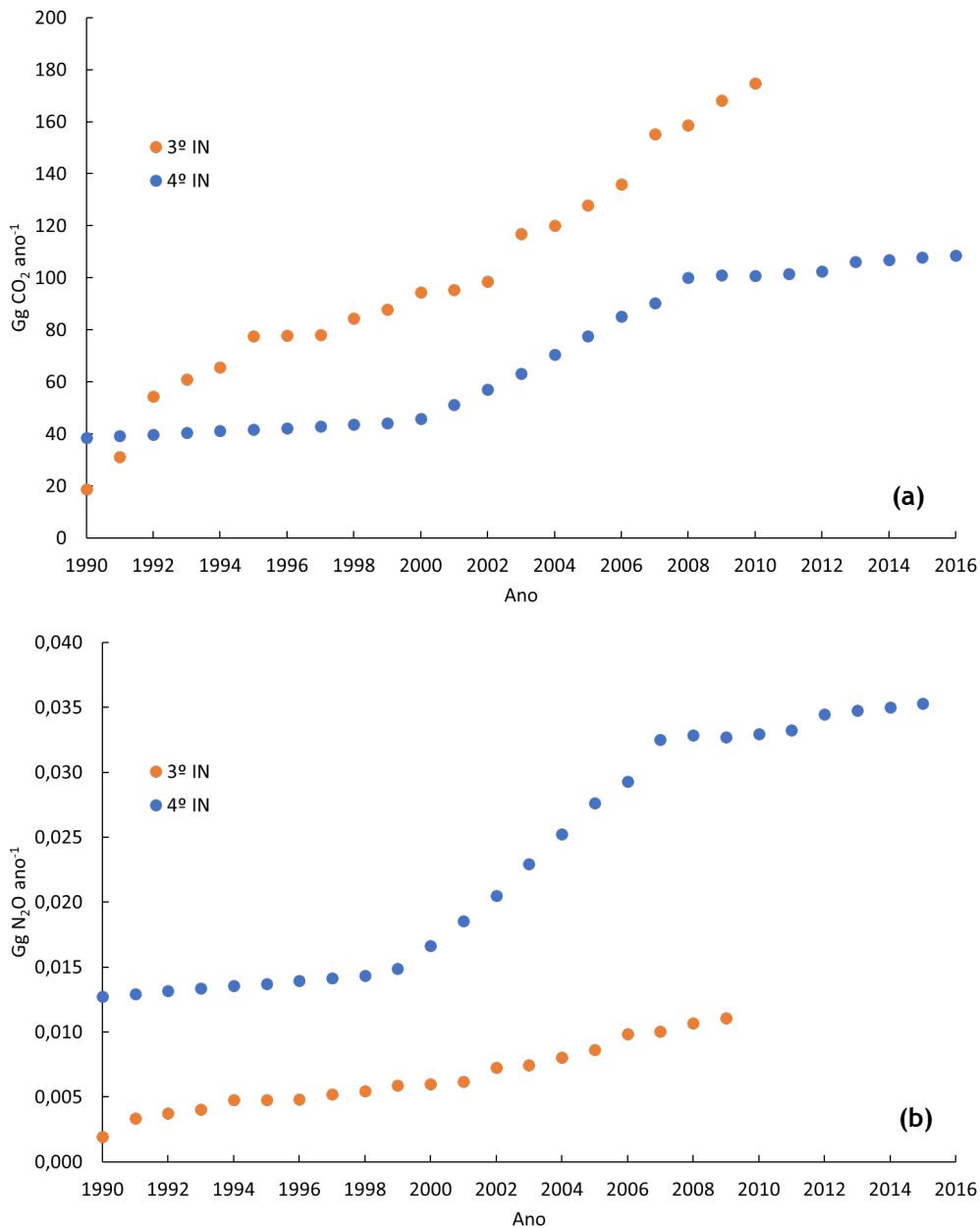
O subsetor Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos consiste em uma inovação em relação ao Terceiro Inventário, inserido nos cálculos devido à atualização da metodologia IPCC 2000 para IPCC 2006.

8.3 Incineração e Queima de Resíduos a Céu Aberto (Subsetor 5.C)

Incineração de Resíduos (Categoria 5.C.1)

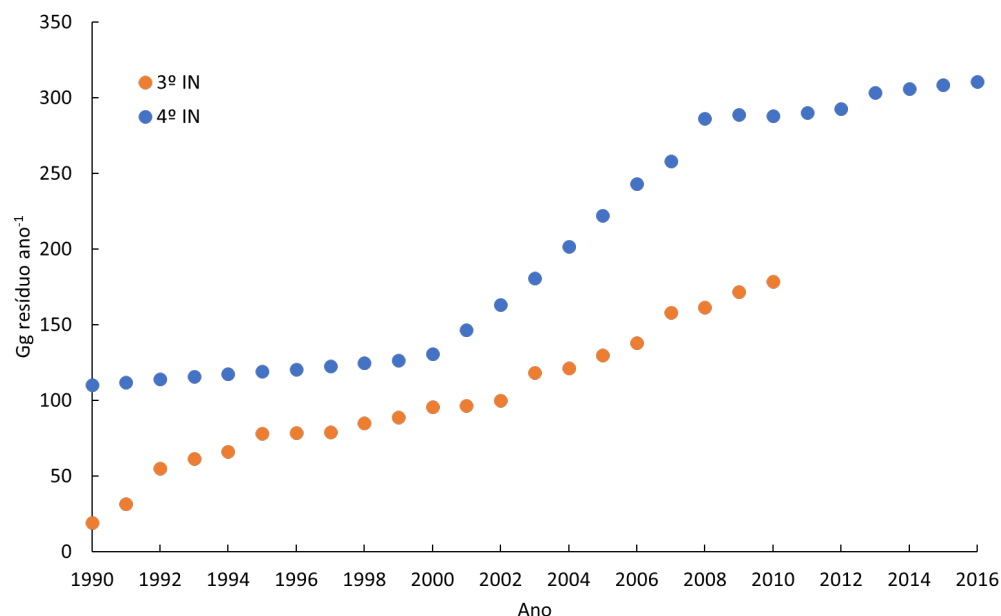
As emissões de CO₂ e N₂O resultantes da incineração de CW e de resíduos perigosos (HW) estimadas no Terceiro Inventário e de CW no Quarto Inventário são observadas na Figura 33. Quando comparadas, é possível identificar que, com exceção de 1990, toda a série histórica de emissão de CO₂ foi maior no Terceiro do que no Quarto Inventário (Figura 33). Entretanto, para N₂O ocorre o inverso, as emissões obtidas no Quarto Inventário são sempre superiores às observadas no Terceiro Inventário (Figura 33).

Figura 33. Emissões nacionais da categoria incineração de resíduos (5.C.1) do Terceiro e Quarto Inventários Nacionais: (a) CO₂, e (b) N₂O.



Após o ano de 1991, a estimativa anual da emissão de CO₂ no Quarto Inventário foi inferior à estimativa do Terceiro Inventário. Uma vez que as emissões de CO₂ são diretamente proporcionais à massa incinerada (Equação 16), tal fato não seria possível, já que a massa úmida incinerada no Quarto Inventário é sempre superior à massa incinerada no Terceiro Inventário (Figura 34). A diferença é justificada pela diferença metodológica, visto que no IPCC 2006 a massa incinerada é calculada com base na massa seca, considerando-se um fator de 0,35 (parâmetro *dm*; *dry matter*). Na metodologia IPCC 2000, utilizada no Terceiro Inventário, tal fator não é considerado. A aplicação do parâmetro matéria seca reduziu a massa incinerada do Quarto Inventário em 65% em relação à massa úmida inicial, explicando assim a diferença entre os valores apresentados para CO₂ em ambas as edições do Inventário.

Figura 34. Massa úmida de resíduo utilizada nas estimativas de emissão de GEE da categoria incineração de resíduos (5.C.1) no Terceiro e Quarto Inventários Nacionais.



Para N_2O , as estimativas anuais foram consistentemente maiores no Quarto do que no Terceiro Inventário em todos os anos avaliados. Isso se deve ao fato de que ambas as metodologias IPCC (2000; 2006) para emissão de N_2O consideram a massa úmida de resíduos, e as emissões são diretamente proporcionais a essa massa incinerada. Dessa forma, as diferenças entre as emissões de N_2O observadas entre o Terceiro e Quarto Inventários expressam a diferença entre as massas incineradas em ambas as edições.

Queima de resíduos a céu aberto (Categoria 5.C.2)

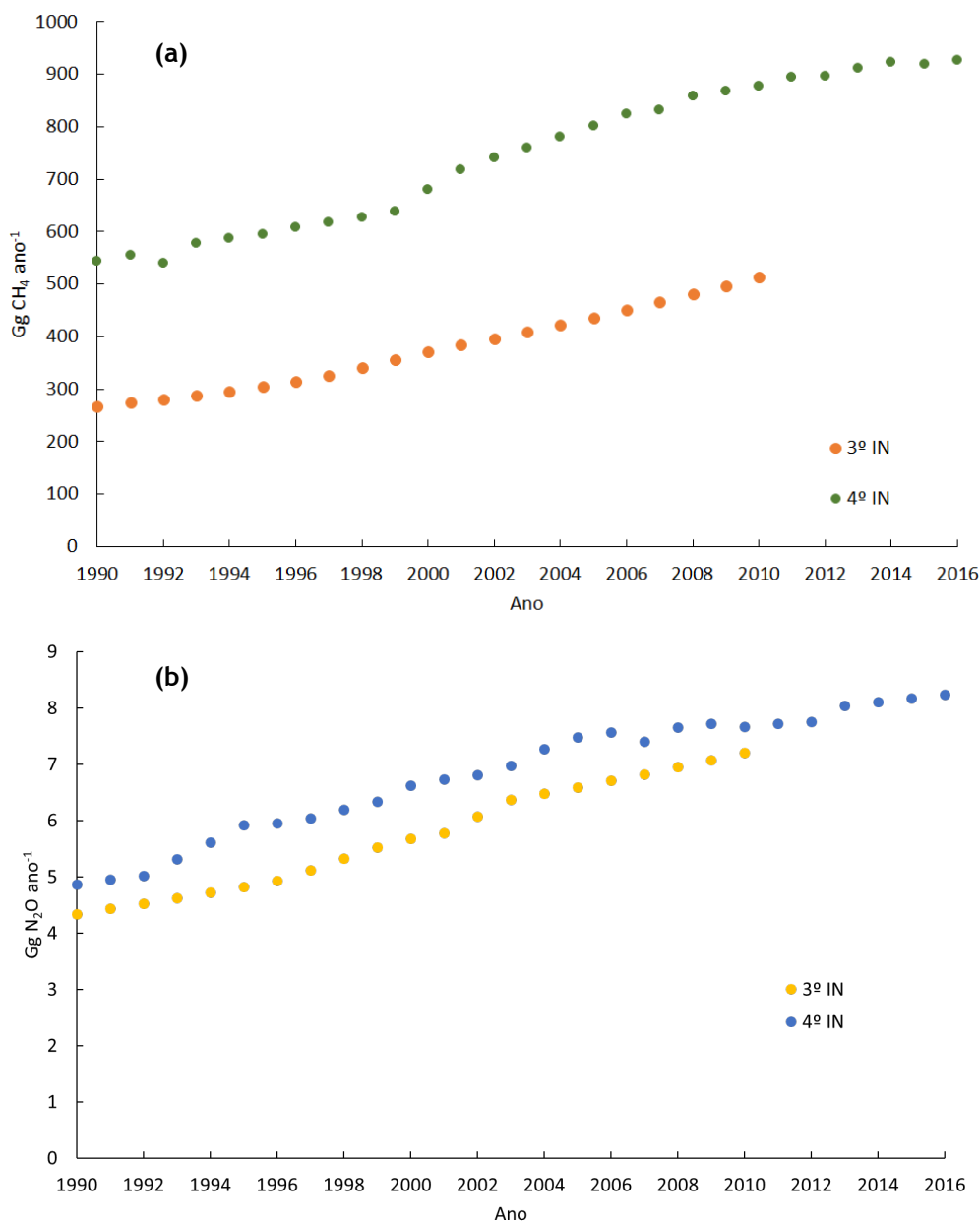
A categoria Queima de resíduos a céu aberto consiste em uma inovação em relação ao Terceiro Inventário, inserido nos cálculos devido à atualização da metodologia IPCC 2000 para IPCC 2006.

8.4 Tratamento e despejo de águas residuárias (Subsetor 5.D)

Tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (Categoria 5.D.1)

As emissões de CH_4 e N_2O estimadas no Terceiro e Quarto Inventários são observadas na Figura 35.

Figura 35. Emissões nacionais da categoria tratamento e despejo de águas residuárias domésticas (5.D.1) do Terceiro e Quarto Inventários Nacionais: (a) CH₄, e (b) N₂O.



Em valores absolutos as emissões de CH₄ no Quarto Inventário são superiores aos valores do Terceiro Inventário. No Terceiro Inventário as emissões de CH₄ variaram de 267 a 513 Gg ano⁻¹ no período de 1990 a 2010, enquanto no Quarto Inventário os valores variaram de 543 a 927 Gg ano⁻¹ para o período de 1990 a 2016. As variações nos valores foram em função da diferença dos dados obtidos, o que proporcionou um aumento das emissões de CH₄ no Quarto Inventário em relação ao Terceiro. Dentre as mudanças, a que mais influenciou foi a estimativa da população que gera esgoto no Brasil e a associação da fração dessa população aos sistemas de tratamento. No Terceiro Inventário a população foi estimada pelo produto entre a população total no Brasil e a fração de domicílio com escoadouro e seus respectivos sistemas de tratamento. No Quarto Inventário, foi considerada a população de cada município e a fração da população no âmbito estadual para cada sistema. Assim, frações maiores das populações

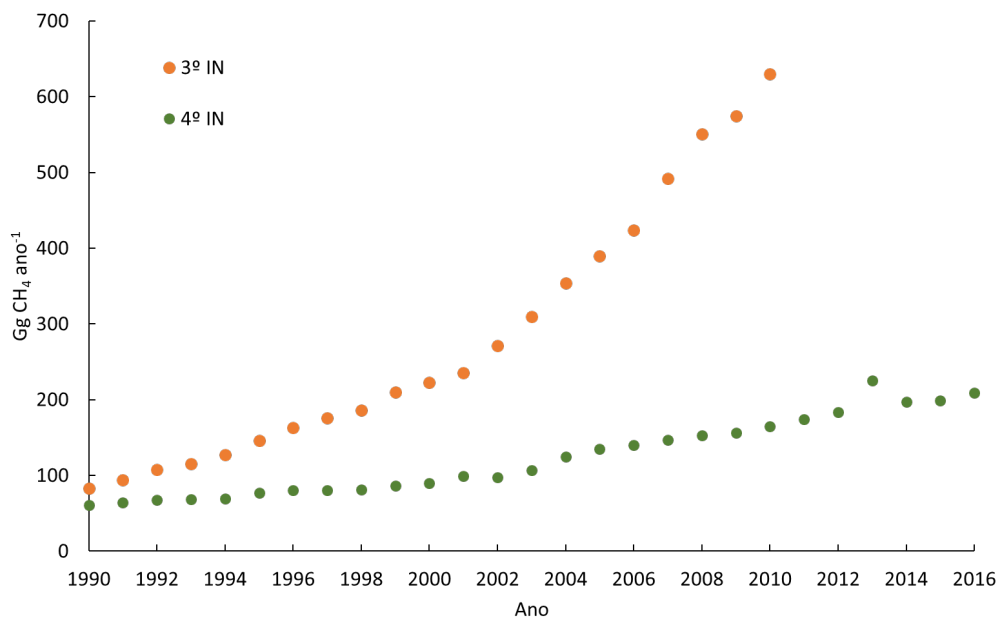
associadas aos sistemas que geram mais CH₄ provocaram aumento nos valores absolutos no Quarto Inventário, principalmente em relação à fração da população atendida com tecnologia de tratamento anaeróbio, como é o caso de reatores anaeróbios.

As emissões de N₂O apresentaram um crescimento com o tempo em ambos os Inventários, conforme observado na Figura 35. No Terceiro Inventário as emissões de N₂O variaram de 4,3 a 7,2 Gg ano⁻¹ no período de 1990 a 2010, enquanto no Quarto Inventário os valores variaram de 4,9 a 8,2 Gg ano⁻¹ para o período de 1990 a 2016. Valores bastante próximos em cada ano são encontrados em função do uso dos mesmos parâmetros *default* em ambos os Inventários. As pequenas diferenças foram em razão das metodologias distintas aplicadas para a estimativa da população geradora de esgoto nos Inventários, já discutido na emissão de CH₄.

Tratamento e despejo de águas residuárias industriais (Categoria 5.D.2)

As emissões de CH₄ estimadas no Terceiro e Quarto Inventários são observadas na Figura 36.

Figura 36. Emissões nacionais de CH₄ da categoria tratamento e despejo de águas residuárias industriais (5.D.2) do Terceiro e Quarto Inventários Nacionais.



Ao observar a Figura 36 é possível perceber que as emissões de CH₄ estimadas no Quarto Inventário são visivelmente inferiores às emissões estimadas no Terceiro Inventário. No Terceiro Inventário as emissões de CH₄ variaram entre 83 e 630 Gg ano⁻¹ no período de 1990 a 2010, enquanto no Quarto Inventário os valores variaram de 61 a 165 Gg ano⁻¹ para o mesmo período.

A variação observada entre as edições do Inventário Nacional deve-se principalmente ao fato de que no Quarto Inventário as águas residuárias do setor sucroalcooleiro não foram contabilizadas no setor Resíduos. Foi verificado em literatura produzida pela Agência Nacional de Águas - ANA (2009), denominada *Manual de conservação e reúso de água na agroindústria*

sucroenergética, que todos os efluentes das usinas de cana-de-açúcar, independentemente da etapa de produção e do produto gerado, que são dispostos no solo para fertirrigação ou simplesmente como descarte. Tal fato ocorre desde a implantação das usinas no país até os dias atuais. Dessa forma, foi considerado o envio de 100% da água residuária das indústrias de açúcar e álcool para o solo.

A magnitude da diminuição das emissões do Quarto Inventário em relação às emissões observadas no Terceiro Inventário é proporcional à não contabilização das emissões das indústrias de açúcar e álcool. Em termos de carga orgânica, a indústria sucroalcooleira é a de maior contribuição dentro do subsetor 5.D.2, como pode ser observado na Figura 22, uma vez que detém a maior produção nacional somadas as produções de açúcar e álcool (Tabela 28) e suas águas residuárias são as de maior potencial poluidor (Tabela 29).

Outros fatores também impactaram as emissões, mas em menor escala, tal como a atualização do fator de carga orgânica por unidade de produto da indústria de celulose e do valor de MCF para sistemas de tratamento por lodo ativado. No Terceiro Inventário foi considerada carga orgânica associada às indústrias integradas de papel e celulose, sendo que no Quarto Inventário foi considerada apenas a carga orgânica de águas residuárias da indústria de celulose (Tabela 29). No Terceiro Inventário, foi considerado valor de MCF de sistemas anaeróbios para lodo ativado (0,8), uma vez que adotaram a premissa de que esses sistemas sempre estão associados a um digestor anaeróbio de lodo. Essa premissa não foi adotada no Quarto Inventário, uma vez que a tecnologia de lodo ativado é exclusivamente aeróbia (MCF 0,1) e existem adensadores de lodo, não sendo regra a existência de digestor anaeróbio.

Tabela 34. Resumo das diferenças metodológicas entre o Terceiro e o Quarto Inventários Nacionais.

Subsetor	Parâmetros	Diferenças	
		Terceiro Inventário	Quarto Inventário
5.A	Metodologia	IPCC 2000.	IPCC 2006.
	População Total	Censo Demográfico (IBGE, 1970; 1980; 1991; 2000; 2010).	Censo Demográfico (1970; 1980; 1991; 2000; 2010), Estimativas da População (1992 a 1995; 1997 a 1999; 2001 a 2009; 2011 a 2016) e Contagem da População (1996; 2007), todas do IBGE.
	Lacunas População Total	População total estimada para todos os anos entre Censos por integração linear.	População estimada para as décadas de 1970 e 1980 e 1994, por meio de modelo polinomial de grau 2.
	MSW <i>per capita</i>	Considerou-se apenas a população urbana (IBGE).	Considerou-se a população total (urbana e rural) com coleta (SNIS e IBGE).
		Utilizaram-se dados estaduais da Cetesb de 1998 (taxa <i>per capita</i> de acordo com o tamanho da população urbana do município) como valor referência para 1970 e dados da Abrelpe por região geográfica (taxa <i>per capita</i>) como valor referência para 2008, 2009 e 2010. A lacuna de dados foi interpolada linearmente entre esses anos.	Modelo polinomial de grau 2 com base nos dados do IBGE (1980a; 1980b; 1988; 1994; 2000; 2008) e do SNIS (anos 2003 a 2016; MCID, 2018) de população total atendida com coleta de MSW e a massa coletada.
	MCF	Diferenciação do nível de gerenciamento dos aterros com base na população: Gerenciados: população urbana acima de 1 milhão, não gerenciados - profundidade > 5m: população urbana de 50 mil a 1 milhão, não gerenciados - profundidade < 5m: população urbana menor que 50 mil.	Consideraram-se como gerenciados: aterros sanitários e não categorizados: aterros controlados e lixões. O tipo de aterro existente em cada município foi obtido a partir da informação da unidade de disposição final de todos os municípios do Brasil (SINIR, 2015) e o ano de início de operação dos aterros sanitários (SNIS; MCID, 2018).
DOC	Composição gravimétrica baseada em referências bibliográficas de 1970 a 2010.	Atualização da lista de composição gravimétrica.	
	A lacuna de dados foi obtida por regressão linear, no mínimo por região, com dados de composição gravimétrica já agrupados em função do DOC.	A lacuna de dados foi obtida por regressão linear para UF considerando a distribuição de cada uma das frações gravimétricas, com distinção da contribuição do DOC por cada componente.	

Subsetor	Parâmetros	Diferenças	
		Terceiro Inventário	Quarto Inventário
			<i>Continuação...</i>
5.A	R	Obtida em função dos projetos MDL.	Atualização das informações dos projetos MDL.
	Fator de oxidação - OX	Foi empregado o fator 0,1 para aterros sanitários. Considerou-se que os municípios com mais de 1 milhão de habitantes possuem aterros sanitários.	Pela interpretação do IPCC 2006, não existe local de disposição final no Brasil com oxidação de CH ₄ .
5.B	Metodologia	Não existia.	IPCC 2006.
5.C.1	Metodologia	IPCC 2000.	IPCC 2006.
	Agregação	Nacional.	Estadual.
	Resíduos	Quantidade de resíduos de saúde incinerada estimada a partir da capacidade de queima dos incineradores instalados, hipóteses de taxas de uso deles e informações de coleta de resíduos (SNIS, 2006; ABRELPE, 2004; 2007; 2008; 2009; 2010).	Dados de quantidade de resíduos de saúde incinerados obtidos a partir da população dos municípios com coleta e massa coletada (IBGE, 2000; 2008). Lacunas supridas a partir da interpolação linear desses dados.
		Quantidade de resíduos perigosos incinerados estimada a partir da capacidade e da taxa de uso de incineradores em operação e dados da Cetesb (2010) e Abetre (2006; 2009; 2013).	Incineração de resíduos industriais perigosos não foi considerada devido à falta de dados oficiais.
		No cálculo da emissão de dióxido de carbono não foi realizada a transformação da massa úmida de resíduos em massa seca.	Foi utilizado o valor-padrão de 0,35 para transformação da massa úmida em massa seca.
Fator de emissão de N ₂ O	Foi utilizado o fator indicado para MSW (60 kg N ₂ O Gg ⁻¹)	Foi utilizado o padrão indicado para CW (100 kg N ₂ O Gg ⁻¹).	
5.C.2	Metodologia	Não existia.	IPCC 2006.
5.D.1	Metodologia	Método: IPCC (1996; 2000) Fatores de emissão: IPCC 2006	IPCC 2006.
	Agregação	Nacional	Estadual.
	População total	Interpolação dos dados do IBGE (Censos e contagens: 1991; 1996; 2000; 2007; 2010), descontando-se população sem escoadouro.	Dados do Censo, Estimativas e Contagem da População (todas IBGE) exceto para 1994, que foi estimado por meio de modelo polinomial de grau 2.

Subsetor	Parâmetros	Diferenças	
		Terceiro Inventário	Quarto Inventário
			<i>Continuação...</i>
5.D.1	Fração do grupo de renda da população total - U_i	Não existia. Foi utilizada apenas população urbana.	Consideraram-se população urbana e população rural. A população urbana das UF foi estimada anualmente por regressão linear bivariada simples entre os intervalos dos Censos populacionais (IBGE, 1970; 1980; 1991; 2000; 2010). População rural estimada pela diferença entre total e urbana.
	Grau de utilização do sistema de tratamento ou caminho de despejo - T_{ij}	Não foram considerados domicílios sem escoadouro nas emissões (Censos IBGE, 1991; 2000; 2010) para estimar a fração geradora de esgoto. Interpolação linear para suprir lacuna.	Os dados observados são a população urbana e a rural com rede de coleta, com fossa séptica, com fossas negras (identificadas pelo IBGE como "outros") e com vala a céu aberto ou descarga direta em corpos hídricos (identificadas pelo IBGE como "nenhum"), provenientes da Pnad (1992 e 1993, 1995 a 1999, 2001 a 2009 e 2011 a 2015) e do Censo (1991, 2000 e 2010). Foi ajustado um modelo de regressão independente para cada variável (Rede, Fossa, Outro e Nenhum) para se estimar a população atendida por cada tipo de sistema em função da população do grupo de renda i (urbana ou rural) e da proporção entre essa população e o ano (Pop_i/ano).
		Fração da população com tratamento estimada a partir do percentual de municípios e distritos que possuem cada tecnologia observada nas PNSB (IBGE, 1994; 2000; 2008). Interpolação linear entre as observações.	Fração da população atendida com cada tecnologia de tratamento estimada a partir da população residente nos municípios contendo cada tecnologia observada nas PNSB (IBGE, 1994; 2000; 2008). Interpolação linear entre as observações e conservação da fração nos anos subsequentes à última observação.
	MCF	O fator utilizado para lodo ativado foi o do tratamento anaeróbico (MCF 0,8).	O fator utilizado para lodo ativado foi o do tratamento aeróbico (MCF 0,1).
		O fator utilizado para Lagoa facultativa, Lagoa mista e Lagoa de maturação foi 0,2.	O fator utilizado para Lagoa facultativa, Lagoa mista e Lagoa de maturação foi 0,5.
Lodo - S	Não existia.	Calculado com base nos fatores de geração de DBO de lodo por DBO tratada em cada tecnologia de tratamento encontrados na literatura nacional (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).	

Subsetor	Parâmetros	Diferenças	
		Terceiro Inventário	Quarto Inventário
<i>Continuação...</i>			
5.D.2	Metodologia	Método: IPCC (1996; 2000); Fatores de emissão: IPCC 2006.	IPCC 2006.
	Agregação	Nacional.	Estadual.
	Setores industriais	Considerou-se a indústria de Papel e Celulose.	Considerou-se apenas a indústria de celulose.
	Carga orgânica por unidade de produto	Valores de carga orgânica utilizados: Açúcar: 200 (Salvador, 1991); Álcool: 220 (Salvador, 1991); Papel e Celulose: 64,8 (IPCC, 2000)	Valores de carga orgânica utilizados: Açúcar: 21 e 82 (CTC, 1995; ANA, 2009); Álcool: 146 (ANA, 2009); Celulose: 19 (IPCC, 2015)
	MCF	Consideraram-se 10% dos efluentes da cadeia industrial de açúcar e álcool com tratamento.	Consideraram-se 100% dos efluentes da cadeia industrial de açúcar e álcool com disposição agrícola no solo.
		O fator utilizado para lodo ativado foi o do tratamento anaeróbio (MCF 0,8).	O fator utilizado para lodo ativado foi o do tratamento aeróbio (MCF 0,1).
		O fator utilizado para Lagoa facultativa, Lagoa mista e Lagoa de maturação foi 0,2.	O fator utilizado para Lagoa facultativa, Lagoa mista e Lagoa de maturação foi 0,5.
Lodo - S	Não existia.	Calculado com base nos fatores de geração de DBO de lodo por DBO tratada em cada tecnologia de tratamento encontrados na literatura nacional (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).	

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Primeiramente, destaca-se a dificuldade na aquisição de dados. Para resíduos domésticos, sejam sólidos ou efluentes, o Brasil tem muitas informações disponíveis. Entretanto, em muitos casos, elas são disponibilizadas em formatos que não permitem o seu uso em planilhas de cálculos. Com isso, muitos dados utilizados neste documento tiveram de ser digitados. Como na maior parte desta atualização foram alteradas metodologia, bases de dados e parâmetros, a gama de informações digitada foi enorme, atrasando a execução dos cálculos.

Ainda sobre aquisição de dados, é importante destacar que durante o levantamento de dados para elaboração deste documento observou-se que o cruzamento dos dados de diferentes bases pode ser fundamental para preencher importantes lacunas de informações. Por exemplo, em 2015 foi disponibilizado um banco de dados com informações daquele ano sobre o tipo de unidade de disposição de resíduos sólidos utilizado em cada município brasileiro (Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - SINIR do Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2015). Por outro lado, o banco de dados sobre Unidades de Processamento do SNIS (MCID, 2018) indica a data de início de operação dos aterros sanitários no país. Assim, foi obtido o nível de gerenciamento dos SWDS brasileiros para cada UF.

A escassez de informações foi mais proeminente quando foram avaliados os resíduos de saúde e principalmente os resíduos industriais. Os dados disponíveis desses tipos de resíduos são poucos e dificilmente formam uma série histórica. Isso inviabilizou o cômputo das estimativas para disposição de resíduos sólidos industriais. Embora seja possível estimar a geração de resíduo industrial utilizando o PIB, tal como orientado nas Diretrizes do IPCC, o erro seria muito elevado devido à heterogeneidade na destinação (SWDS, compostagem e incineração) e seus respectivos potenciais de emissão, quando comparado com MSW, em que acima de 95% tem por destino os SWDS.

Ainda relacionado aos resíduos industriais, ressalta-se a existência de uma fonte de dados com grande potencial em contribuir para o Inventário do setor Resíduos. Trata-se do Relatório de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais (RAPP), previsto na Lei nº 6.938/81 (§ 1º, Art. 17-C), instituído pela Instrução Normativa nº 6, de 24 de março de 2014 (IBAMA, MMA). O RAPP é um instrumento de coleta de informações de interesse ambiental com objetivo de colaborar com os procedimentos de controle e fiscalização ambiental, além de subsidiar ações de gestão ambiental. O seu preenchimento e entrega são obrigatórios para pessoas físicas e jurídicas que exercem atividades sujeitas à cobrança de Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA). Embora o preenchimento do RAPP seja obrigatório, muitas empresas não preenchem ou o fazem de maneira errada. Além disso, o questionário aplicado obviamente atende ao que se propõe, mas teria de ser readequado para que o inventário pudesse aproveitar melhor os dados declarados pelas indústrias. Recomenda-

se, portanto, avaliar a possibilidade de readequar os itens solicitados visando atender também às demandas dos inventários de GEE.

Destaca-se também o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (MCID, 2003-2016), cuja quantidade de informações disponibilizadas constitui uma base de dados consistente, embora seja declaratória. Do mesmo modo, ressalta-se o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos - Sinir (MMA, 2015). O documento traz importantes informações sobre o cenário de geração e de disposição de resíduos sólidos municipais e poderia ser replicado para os resíduos da saúde, industriais e efluentes domésticos e industriais.

10. REFERÊNCIAS

- ABLV. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE LÁCTEOS LONGA VIDA. **Relatório Anual**. 2019. Disponível em: <http://srv20.teste.website/~ablvorg/site/wp-content/uploads/2018/09/ABLV-Relatorio-Anual-2017...pdf>. Acesso em: 1 mai. 2019.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209:2011**. Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 53 p.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de conservação e reúso de água na agroindústria sucroenergética**. Brasília: ANA, 2009. 288 p.
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Esgotos**. 2013. Disponível em: <http://atlasesgotos.ana.gov.br>. Acesso em: 1 mai. 2019.
- ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG; Companhia de Saneamento do Paraná, 2001.
- CTC. CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Caracterização físico-química da vinhaça: Projeto nº 9500278**. Relatório Técnico da Seção de Tecnologia de Tratamento de Águas do Centro de tecnologia Copersucar. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, 1995. 26 p.
- FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **FAOSTAT, Dietary energy protein and fat consumption**. 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en>. Acesso em: 1 mai. 2019.
- IBA. INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Histórico de desempenho da celulose**. 2019. Disponível em: <https://iba.org/historico-de-desempenho#celulose-1>. Acesso em: 1 mai. 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Limpeza pública e remoção de lixo 1977**. 1980a. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/696/limp_pub_remocao_lixo_1977_v1.pdf. Acesso em: 1 mai. 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IX Recenseamento Geral do Brasil - 1980: Inquérito Especial: IE 08 - Limpeza Pública e Remoção de Lixo**. 1980b. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca/catalogo?view=detalhes&id=53402>. Acesso em: 1 mai. 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Limpeza pública e remoção de lixo 1983**. 1988. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/696/limp_pub_remocao_lixo_1983_v2.pdf. Acesso em: 1 mai. 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 1991**. 1991. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censodem/default_censo1991.shtm. Acesso em: 1 mai. 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 1989**. 1994. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca/catalogo?view=detalhes&id=284395>. Acesso em: 1 mai. 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2000**. 2000. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/tabelas>. Acesso em: 1 mai. 2019.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2008**. 2008. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/tabelas>. Acesso em: 1 mai. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. 2019a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>. Acesso em: 1 mai. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção da Pecuária Municipal**. 2019b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=17941&t=o-que-e>. Acesso em: 1 mai. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção Industrial Anual**. 2019c. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?edicao=17134&t=downloads>. Acesso em: 1 mai. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio - PNAD, Anos 1967 a 2013**. 2019d. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=759>. Acesso em: 1 mai. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio - PNAD, Anos 1992 a 2015**. 2019e. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?&t=downloads>. Acesso em: 1 mai. 2019.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories**. 2000. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english>. Acesso em: 1 mai. 2019.

IPCC. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>. Acesso em: 1 mai. 2019.

IPPC. EUROPEAN COMMISSION. INTEGRATED POLLUTION PREVENTION AND CONTROL. **Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board**. 2015. Disponível em: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/PP_revised_BREF_2015.pdf. Acesso em: 1 mai. 2019.

MCT. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência**. Emissões de Gases de Efeito Estufa no Tratamento e Disposição de Resíduos. Brasília: MCT, 2010. 100 p.

MCTI. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. **Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência**. Emissões de Gases de Efeito Estufa no Tratamento e Disposição de Resíduos. Brasília: MCTI, 2015. 70 p.

MCID. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **SNIS Série Histórica**. 2018. Disponível em: <http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica>. Acesso em: 1 dez. 2018.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **SINIR - Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. 2015. Disponível em: <https://sinir.gov.br/planos-de-residuos-solidos/planos-municipais-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos>. Acesso em: 1 mai. 2019.

UNFCCC. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Clean Development Mechanism**. 2019. Disponível em: <https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>. Acesso em: 1 mai. 2019.

UNICA. UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Açúcar**. 2019. Disponível em: <https://tinyurl.com/y5qqnw6q>. Acesso em: 1 mai. 2019.

APÊNDICE A - Detalhamento metodológico

A.1. DADOS DE ATIVIDADE

DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (Subsetor 5.A)

$MSW_{percapita}$

Por meio do conjunto de dados observados de $MSW_{percapita}$ (Tabela 6), equações foram ajustadas para cada UF de modo a estimar os valores faltantes, conforme a equação A-1:

$$MSW_{percapita(i)} = a + (b * popfinal) + (c * (popfinal/ano)) + (d * ano^2) \quad (A-1)$$

em que:

$MSW_{percapita(i)}$, geração *per capita* de MSW ($Mg \text{ MSW hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) estimada na UF i ; ano, valor do ano em que se deseja a estimativa da variável; popfinal, população total (observada e estimada; habitantes) da UF i no ano em que se deseja estimar a variável; a, b, c e d, coeficientes da equação A-1 (Tabela 35).

Tabela 35. Coeficientes das equações ajustadas para estimar as lacunas de dados da série histórica de geração *per capita* de MSW ($MSW_{percapita}$, $kg \text{ MSW hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

UF	a	b	c	d	R ² ajustado
AC	-88,5	0,000135	-0,285	0,000023	0,590
AL	-52,6	-0,000012	0,023	0,000013	0,800
AM	-167,4	-0,000016	0,028	0,000044	0,412
AP	-126,4	-0,000056	0,099	0,000033	0,371
BA	-13,9	0,000000	0,000	0,000004	0,936
CE	-132,6	-0,000011	0,021	0,000035	0,820
DF	-20,0	-0,000102	0,208	0,000004	0,537
ES	-24,1	-0,000009	0,019	0,000006	0,785
GO	-49,3	0,000005	-0,011	0,000013	0,760
MA	-181,5	-0,000023	0,043	0,000047	0,503
MG	-104,3	-0,000011	0,022	0,000026	0,733
MS	77,5	0,000016	-0,027	-0,000020	0,759
MT	-100,4	0,000010	-0,024	0,000026	0,814
PA	-109,7	0,000000	-0,002	0,000029	0,829
PB	-354,6	-0,000075	0,134	0,000095	0,530
PE	-89,1	-0,000019	0,039	0,000023	0,627
PI	-91,6	-0,000006	0,008	0,000024	0,798
PR	-43,6	-0,000011	0,022	0,000011	0,959
RJ	-34,9	-0,000006	0,012	0,000008	0,743
RN	-29,7	-0,000069	0,142	0,000006	0,734
RO	-51,4	-0,000057	0,114	0,000013	0,337
RR	50,1	-0,000617	1,267	-0,000013	0,412
RS	-70,9	-0,000014	0,027	0,000018	0,049
SC	-27,3	-0,000009	0,018	0,000007	0,624
SE	30,4	-0,000033	0,072	-0,000009	0,752
SP	-40,0	-0,000002	0,003	0,000010	0,518
TO	-115,3	-0,000139	0,277	0,000029	0,184

TRATAMENTO E DESPEJO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS (Subsetor 5.D)

TRATAMENTO E DESPEJO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS (Categoria 5.D.1)

Grau de utilização do sistema de tratamento ou caminho de descarga para cada grupo - T_{ij}

O grau de utilização do tratamento, via de descarga ou sistema para cada grupo de renda (T_{ij} , em que i é o grupo de renda e j é o tratamento, sistema ou via de descarga) demonstra a representatividade de cada tratamento ou via/sistema de descarga dentro de cada arranjo populacional. Os dados observados são a população urbana e rural com rede de coleta, com fossa séptica, com fossas negras (identificadas pelo IBGE como “outros”) e com vala a céu aberto ou descarga direta em corpos hídricos (identificadas pelo IBGE como “nenhum”), provenientes da Pnad (1992 e 1993, 1995 a 1999, 2001 a 2009 e 2011 a 2015) e do Censo (1991, 2000 e 2010).

Para suprir as lacunas de dados (1990, 1994 e 2016), foi ajustado um único modelo de regressão independente para cada variável (Rede, Fossa, Outro e Nenhum) a partir dos dados observados na Pnad e Censo (Figura 18) para a população total de cada UF, conforme a equação A-2:

$$T_j = a_j + (b_j * (\text{popfinal}/\text{ano})) + (c_j * \text{popfinal}) \quad (\text{A-2})$$

em que:

T_j , população estimada atendida pela via de descarga ou sistema j na UF i ; ano, valor do ano em que se deseja a estimativa da variável; popfinal , população total (observada e estimada; habitantes) da UF i no ano em que se deseja estimar a variável; a_j , b_j , c_j , coeficientes da equação para via de descarga ou sistema j na UF i (Tabela 36).

O modelo estima a população atendida por cada tipo de sistema em função da população que se deseja estimar e da proporção entre essa população e o ano.

Como existem mais observações do que lacunas, as equações foram ajustadas, para cada UF, em função dos dados observados e só foram estimados valores para os anos faltantes (1990, 1994 e 2016). Para esses anos, quando o valor estimado foi negativo, assumiu-se população nula (zero = 0); e quando, por outro lado, a soma das estimativas das populações atendidas em cada modo (Rede, Fossa, Outro e Nenhum) resultou em valor maior que a população avaliada, os dados foram recalculados proporcionalmente de forma que a soma resultasse o valor da população total daquele ano.

Tabela 36. Coeficientes das equações ajustadas para estimar as lacunas de dados da série histórica de grau de utilização do tratamento, via de descarga ou sistema para cada grupo de renda (Tij).

UF	Rede				Fossa				Outro				Nenhum			
	a	b	c	R ²	a	b	c	R ²	a	b	c	R ²	a	b	c	R ²
AC	81748,1	-33005,2	16,5	0,81	10248,9	-22507,6	11,4	0,69	-596394,3	124454,7	-60,8	0,10	33176,3	11767,2	-5,8	0,05
AL	5745716,0	-115758,8	55,9	0,60	1908195,3	-53934,8	26,4	0,49	-2134622,6	75915,4	-36,7	0,14	4267987,4	-15086,8	6,2	0,74
AM	4192946,4	-188308,2	92,7	0,85	-4403152,0	147716,7	-71,9	0,60	807044,1	-9061,3	4,5	0,02	31843,3	7051,0	-3,5	0,04
AP	28769,3	-13304,7	6,6	0,46	-268492,9	69318,0	-33,8	0,36	-880,8	558,9	0,3	0,42	104910,2	-21132,5	10,4	0,37
BA	-1353773,4	-66321,0	33,5	0,96	1619982,9	8743,7	-4,4	0,25	27120970,5	-42060,5	19,2	0,38	22792889,8	-872,9	-1,1	0,72
CE	-3333351,4	-29612,9	15,4	0,97	331275,6	15095,3	-7,4	0,08	-6421629,9	58745,3	-28,2	0,13	17666000,9	-63688,0	29,6	0,84
DF	-530503,2	7243,5	-2,6	0,96	807545,5	-24163,1	11,8	0,05	831135,7	-26200,4	12,7	0,20	-79224,6	7849,2	-3,9	0,09
ES	864978,5	-85188,9	42,8	0,97	-43786,7	24469,3	-12,1	0,29	1962291,8	19383,4	-10,1	0,68	-2200551,9	65237,2	-31,8	0,12
GO	3595848,5	-84127,8	41,6	0,98	7318173,9	-147513,2	72,3	0,75	-9752355,5	210664,7	-102,8	0,53	3141864,5	-23676,1	11,3	0,60
MA	653439,0	-15353,3	7,6	0,70	-9003549,3	64464,0	-30,4	0,49	-18392244,9	198181,5	-95,6	0,05	12390133,0	-25218,1	10,7	0,74
MG	-18462978,4	11093,8	-3,8	0,98	7042192,9	-17299,9	8,3	0,11	21932652,3	-14803,9	6,4	0,66	14227849,9	-17275,5	7,9	0,81
MS	6247292,1	-242233,9	118,2	0,90	546552,7	-32459,8	16,0	0,38	-7937322,1	320563,0	-155,7	0,61	-1360883,5	54725,0	-26,7	0,18
MT	2010236,8	-76516,7	37,6	0,68	-3136111,6	81238,8	-39,2	0,36	2933541,2	-44130,6	21,4	0,02	262792,6	23250,2	-11,6	0,30
PA	84907,3	-10266,0	5,1	0,58	-8884050,1	76325,5	-36,4	0,78	4925992,8	-53264,6	26,1	0,03	-522148,1	13702,6	-6,7	0,07
PB	-3028685,3	-33684,2	18,0	0,95	3399919,8	-29415,6	13,9	0,02	8477814,8	-45445,0	20,6	0,35	-953309,1	64251,5	-31,7	0,78
PE	-28360,9	-52400,4	26,5	0,97	22301495,1	-134072,7	64,3	0,41	-8907931,7	105457,4	-51,2	0,52	3927980,2	24771,2	-12,7	0,61
PI	-1018010,2	8752,7	-4,0	0,30	4788025,3	-113065,6	55,2	0,74	-5373575,2	93275,7	-44,6	0,04	10064217,3	-24234,5	8,9	0,74
PR	-5644288,1	-52160,9	27,0	0,98	-291991,6	14897,8	-7,2	0,09	18965996,5	-11706,5	4,2	0,83	4454310,8	-9634,8	4,4	0,78
RJ	24895582,5	-138657,7	68,1	0,95	-22868231,9	113229,6	-54,7	0,61	-1991920,3	28177,1	-13,8	0,60	1898360,6	-2979,5	1,4	0,78
RN	1582002,8	-48165,5	23,6	0,46	1022435,0	-42505,2	21,2	0,41	-3917470,8	140604,7	-68,4	0,23	3653198,4	-42761,9	20,1	0,80
RO	24353,6	-11863,4	5,9	0,69	1455266,2	-62305,5	30,4	0,11	-871963,5	26405,6	-12,2	0,07	262846,1	-1310,5	0,5	0,17
RR	22684,8	-46608,8	23,3	0,87	-305364,3	120808,9	-58,8	0,40	-472074,0	268081,2	-132,2	0,10	-44058,4	24543,2	-12,1	0,06
RS	24648286,9	-128972,1	62,2	0,78	-18713367,6	93786,2	-44,5	0,37	9680205,6	9353,1	-5,4	0,60	2510303,5	1031,6	-0,7	0,88
SC	4617556,0	-101539,0	50,0	0,87	-4262193,4	85687,9	-41,4	0,09	6303092,3	-44624,0	21,3	0,40	2808120,1	-24716,9	11,9	0,83
SE	-3704013,8	83825,7	-39,6	0,84	-1431363,8	66606,2	-32,2	0,04	2448510,3	-43515,1	20,7	0,20	2508278,5	-48226,8	22,8	0,90
SP	3630727,6	-33572,9	17,5	0,98	8200868,6	-1218,7	0,5	0,52	13101489,8	2480,1	-1,5	0,83	1801202,7	-1265,2	0,6	0,73
TO	872714,5	-98235,5	48,4	0,96	-138191,3	-35313,8	17,9	0,72	-1702465,4	155913,7	-75,9	0,24	433395,5	27223,7	-13,8	0,51

A.2. FATORES DE EMISSÃO E OUTROS PARÂMETROS

DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (Subsetor 5.A)

Carbono orgânico degradável - DOC

Um parâmetro muito importante para o cálculo das emissões do subsetor 5.A é a composição dos resíduos enviados aos SWDS. Essa composição é a que indica a fração de carbono orgânico degradável (DOC) passível de decomposição e de transformação em CH₄.

Valores de composição gravimétrica do MSW foram compilados da literatura acadêmica (artigos científicos, anais de congresso, livros e teses) e de planos estaduais de resíduos sólidos, atualizando o conjunto de dados utilizado no Terceiro Inventário Nacional (MCTI, 2016). Atualmente o conjunto cobre o período entre 1963 e 2018, totalizando 520 observações municipais distribuídas em 92 referências, conforme a Tabela 37, a seguir:

Tabela 37. Revisão bibliográfica da composição gravimétrica municipal no Brasil.

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
29	Brasília	DF	CO	1978
47	Brasília	DF	CO	2017
74	Caldas Novas	GO	CO	2004
74	Bela Vista de Goiás	GO	CO	2005
73	Goiânia	GO	CO	2012
89	Caçu	GO	CO	2014
18	Professor Jamil	GO	CO	2015
65	Campo Grande	MS	CO	1993
65	Campo Grande	MS	CO	1997
65	Campo Grande	MS	CO	2001
65	Campo Grande	MS	CO	2008
85	Cuiabá	MT	CO	2002
33	Juína	MT	CO	2003
1	Cáceres	MT	CO	2009
15	Santo Antônio do Leverger	MT	CO	2014
51	Cuiabá	MT	CO	2014
34	Xapuri	AC	N	2003
29	Manaus	AM	N	1992
34	Manicoré	AM	N	2003
90	Manaus	AM	N	2011
27	Alvarães	AM	N	2014
27	Irlanduba	AM	N	2014
27	Itacoatiara	AM	N	2014
27	Santo Antônio do Içá	AM	N	2014
27	Silves	AM	N	2014
27	Tabatinga	AM	N	2014
83	Canutama	AM	N	2014
34	Laranjal do Jari	AP	N	2003
34	Breu Branco	PA	N	2003
16	Curuçá	PA	N	2004
16	Belém	PA	N	2006
34	Guajará-Mirim	RO	N	2003
34	Caracaraí	RR	N	2003
34	Porto Nacional	TO	N	2003
11	Palmas	TO	N	2011
81	Maceió	AL	NE	1993
81	Maceió	AL	NE	1997
81	Maceió	AL	NE	2005
81	Maceió	AL	NE	2006
81	Maceió	AL	NE	2008
81	Ibateguara	AL	NE	2009
81	Santana do Mundaú	AL	NE	2009
81	São José da Laje	AL	NE	2009
81	União dos Palmares	AL	NE	2009
81	Maceió	AL	NE	2011
81	Arapiraca	AL	NE	2011
81	Craíbas	AL	NE	2011
81	Palmeira dos Índios	AL	NE	2011
81	Traipu	AL	NE	2011
81	Jaramataia	AL	NE	2011
81	Olho d'Água das Flores	AL	NE	2011
81	Santana do Ipanema	AL	NE	2011
81	Delmiro Gouveia	AL	NE	2011
81	Mata Grande	AL	NE	2011
81	Piranhas	AL	NE	2011
81	Penedo	AL	NE	2011
81	Porto Real do Colégio	AL	NE	2011
81	Atalaia	AL	NE	2015
81	Branquinha	AL	NE	2015
81	Cajueiro	AL	NE	2015
81	Capela	AL	NE	2015

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
81	Chã Preta	AL	NE	2015
81	Ibateguara	AL	NE	2015
81	Mar Vermelho	AL	NE	2015
81	Murici	AL	NE	2015
81	Paulo Jacinto	AL	NE	2015
81	Pindoba	AL	NE	2015
81	Santana do Mundaú	AL	NE	2015
81	São José da Laje	AL	NE	2015
81	União dos Palmares	AL	NE	2015
81	Viçosa	AL	NE	2015
81	Anadia	AL	NE	2015
81	Barra de São Miguel	AL	NE	2015
81	Boca da Mata	AL	NE	2015
81	Campo Alegre	AL	NE	2015
81	Coruripe	AL	NE	2015
81	Feliz Deserto	AL	NE	2015
81	Igreja Nova	AL	NE	2015
81	Jequiá da Praia	AL	NE	2015
81	Junqueiro	AL	NE	2015
81	Penedo	AL	NE	2015
81	Piaçabuçu	AL	NE	2015
81	Porto Real do Colégio	AL	NE	2015
81	Roteiro	AL	NE	2015
81	São Brás	AL	NE	2015
81	São Miguel dos Campos	AL	NE	2015
81	Teotônio Vilela	AL	NE	2015
81	Água Branca	AL	NE	2015
81	Canapi	AL	NE	2015
81	Delmiro Gouveia	AL	NE	2015
81	Inhapi	AL	NE	2015
81	Mata Grande	AL	NE	2015
81	Olho d'Água do Casado	AL	NE	2015
81	Pariconha	AL	NE	2015
81	Piranhas	AL	NE	2015
81	Campestre	AL	NE	2015
81	Colônia Leopoldina	AL	NE	2015
81	Flexeiras	AL	NE	2015
81	Joaquim Gomes	AL	NE	2015
81	Jundiá	AL	NE	2015
81	Maragogi	AL	NE	2015
81	Matriz de Camaragibe	AL	NE	2015
81	Novo Lino	AL	NE	2015
81	Porto Calvo	AL	NE	2015
81	Porto de Pedras	AL	NE	2015
81	São Luís do Quitunde	AL	NE	2015
81	São Miguel dos Milagres	AL	NE	2015
81	Barra de Santo Antônio	AL	NE	2015
81	Coqueiro Seco	AL	NE	2015
81	Marechal Deodoro	AL	NE	2015
81	Messias	AL	NE	2015
81	Paripueira	AL	NE	2015
81	Pilar	AL	NE	2015
81	Rio Largo	AL	NE	2015
81	Santa Luzia do Norte	AL	NE	2015
81	Satuba	AL	NE	2015
81	Batalha	AL	NE	2015
81	Belo Monte	AL	NE	2015
81	Cacimbinhas	AL	NE	2015
81	Carneiros	AL	NE	2015
81	Dois Riachos	AL	NE	2015
81	Jaramataia	AL	NE	2015
81	Major Isidoro	AL	NE	2015

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
81	Maravilha	AL	NE	2015
81	Monteirópolis	AL	NE	2015
81	Olho d'Água das Flores	AL	NE	2015
81	Oliveira	AL	NE	2015
81	Ouro Branco	AL	NE	2015
81	Palestina	AL	NE	2015
81	Pão de Açúcar	AL	NE	2015
81	Poço das Trincheiras	AL	NE	2015
81	Santana do Ipanema	AL	NE	2015
81	São José da Tapera	AL	NE	2015
81	Senador Rui Palmeira	AL	NE	2015
81	Arapiraca	AL	NE	2015
81	Belém	AL	NE	2015
81	Campo Grande	AL	NE	2015
81	Coité do Noia	AL	NE	2015
81	Craíbas	AL	NE	2015
81	Estrela de Alagoas	AL	NE	2015
81	Feira Grande	AL	NE	2015
81	Girau do Ponciano	AL	NE	2015
81	Igaci	AL	NE	2015
81	Lagoa da Canoa	AL	NE	2015
81	Limoeiro de Anadia	AL	NE	2015
81	Maribondo	AL	NE	2015
81	Minador do Negrão	AL	NE	2015
81	Olho d'Água Grande	AL	NE	2015
81	Palmeira dos Índios	AL	NE	2015
81	Quebrangulo	AL	NE	2015
81	São Sebastião	AL	NE	2015
81	Tanque d'Arca	AL	NE	2015
81	Taquarana	AL	NE	2015
81	Traipu	AL	NE	2015
67	Salvador	BA	NE	1999
67	Salvador	BA	NE	2003
62	Camaçari	BA	NE	2010
68	Salvador	BA	NE	2010
67	Salvador	BA	NE	2010
9	Barreiras	BA	NE	2013
19	Cruz das Almas	BA	NE	2016
20	Fortaleza	CE	NE	2004
69	Sobral	CE	NE	2008
80	Ibicuitinga	CE	NE	2012
34	Cururupu	MA	NE	2003
14	Duque Bacelar	MA	NE	2011
14	Aldeias Altas	MA	NE	2011
14	Coelho Neto	MA	NE	2011
14	Caxias	MA	NE	2011
43	João Pessoa	PB	NE	1997
29	Cabedelo	PB	NE	1997
43	João Pessoa	PB	NE	1999
63	Campina Grande	PB	NE	2002
44	Pedras de Fogo	PB	NE	2007
17	Barra de São Miguel	PB	NE	2012
46	Recife	PE	NE	2003
82	Agrestina	PE	NE	2010
82	Alagoinha	PE	NE	2010
82	Altinho	PE	NE	2010
82	Barra de Guabiraba	PE	NE	2010
82	Belo Jardim	PE	NE	2010
82	Bezerros	PE	NE	2010
82	Bonito	PE	NE	2010
82	Brejo da Madre de Deus	PE	NE	2010
82	Cachoeirinha	PE	NE	2010

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
82	Camocim de São Félix	PE	NE	2010
82	Caruaru	PE	NE	2010
82	Cupira	PE	NE	2010
82	Gravatá	PE	NE	2010
82	Ibirajuba	PE	NE	2010
82	Jataúba	PE	NE	2010
82	Lagoa dos Gatos	PE	NE	2010
82	Panelas	PE	NE	2010
82	Pesqueira	PE	NE	2010
82	Poção	PE	NE	2010
82	Riacho das Almas	PE	NE	2010
82	Sairé	PE	NE	2010
82	Sanharó	PE	NE	2010
82	São Bento do Una	PE	NE	2010
82	São Caitano	PE	NE	2010
82	São Joaquim do Monte	PE	NE	2010
82	Tacaimbó	PE	NE	2010
82	Águas Belas	PE	NE	2010
82	Angelim	PE	NE	2010
82	Bom Conselho	PE	NE	2010
82	Brejão	PE	NE	2010
82	Buíque	PE	NE	2010
82	Caetés	PE	NE	2010
82	Calçado	PE	NE	2010
82	Canhotinho	PE	NE	2010
82	Capoeiras	PE	NE	2010
82	Correntes	PE	NE	2010
82	Garanhuns	PE	NE	2010
82	Iati	PE	NE	2010
82	Itaíba	PE	NE	2010
82	Jucati	PE	NE	2010
82	Jupi	PE	NE	2010
82	Jurema	PE	NE	2010
82	Lagoa do Ouro	PE	NE	2010
82	Lajedo	PE	NE	2010
82	Palmeirina	PE	NE	2010
82	Paranatama	PE	NE	2010
82	Pedra	PE	NE	2010
82	Saloá	PE	NE	2010
82	São João	PE	NE	2010
82	Vertentes	PE	NE	2010
82	Araçoiaba	PE	NE	2010
82	Cabo de Santo Agostinho	PE	NE	2010
82	Camaragibe	PE	NE	2010
82	Igarassu	PE	NE	2010
82	Ilha de Itamaracá	PE	NE	2010
82	Itapissuma	PE	NE	2010
82	Jaboatão dos Guararapes	PE	NE	2010
82	Moreno	PE	NE	2010
82	Olinda	PE	NE	2010
82	Recife	PE	NE	2010
82	Araripina	PE	NE	2010
82	Bodocó	PE	NE	2010
82	Exu	PE	NE	2010
82	Granito	PE	NE	2010
82	Ipubi	PE	NE	2010
82	Ouricuri	PE	NE	2010
82	Santa Cruz	PE	NE	2010
82	Santa Filomena	PE	NE	2010
82	Moreilândia	PE	NE	2010
82	Trindade	PE	NE	2010
82	Cedro	PE	NE	2010

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
82	Mirandiba	PE	NE	2010
82	Parnamirim	PE	NE	2010
82	Salgueiro	PE	NE	2010
82	São José do Belmonte	PE	NE	2010
82	Serrita	PE	NE	2010
82	Verdejante	PE	NE	2010
82	Belém do São Francisco	PE	NE	2010
82	Carnaubeira da Penha	PE	NE	2010
82	Floresta	PE	NE	2010
82	Itacuruba	PE	NE	2010
82	Jatobá	PE	NE	2010
82	Petrolândia	PE	NE	2010
82	Tacaratu	PE	NE	2010
82	Arcoverde	PE	NE	2010
82	Custódia	PE	NE	2010
82	Ibimirim	PE	NE	2010
82	Inajá	PE	NE	2010
82	Manari	PE	NE	2010
82	Sertânia	PE	NE	2010
82	Afogados da Ingazeira	PE	NE	2010
82	Brejinho	PE	NE	2010
82	Calumbi	PE	NE	2010
82	Carnaíba	PE	NE	2010
82	Floresta	PE	NE	2010
82	Iguaracy	PE	NE	2010
82	Ingazeira	PE	NE	2010
82	Itapetim	PE	NE	2010
82	Quixaba	PE	NE	2010
82	Santa Cruz da Baixa Verde	PE	NE	2010
82	Santa Terezinha	PE	NE	2010
82	São José do Egito	PE	NE	2010
82	Serra Talhada	PE	NE	2010
82	Solidão	PE	NE	2010
82	Tabira	PE	NE	2010
82	Triunfo	PE	NE	2010
82	Tuparetama	PE	NE	2010
82	Afrânio	PE	NE	2010
82	Cabrobó	PE	NE	2010
82	Dormentes	PE	NE	2010
82	Orocó	PE	NE	2010
82	Petrolina	PE	NE	2010
82	Santa Maria da Boa Vista	PE	NE	2010
82	Aliança	PE	NE	2010
82	Buenos Aires	PE	NE	2010
82	Camutanga	PE	NE	2010
82	Carpina	PE	NE	2010
82	Chã de Alegria	PE	NE	2010
82	Condado	PE	NE	2010
82	Ferreiros	PE	NE	2010
82	Glória do Goitá	PE	NE	2010
82	Goiana	PE	NE	2010
82	Itambé	PE	NE	2010
82	Itaquitinga	PE	NE	2010
82	Lagoa do Carro	PE	NE	2010
82	Lagoa de Itaenga	PE	NE	2010
82	Macaparana	PE	NE	2010
82	Nazaré da Mata	PE	NE	2010
82	Paudalho	PE	NE	2010
82	Timbaúba	PE	NE	2010
82	Tracunhaém	PE	NE	2010
82	Vicência	PE	NE	2010
82	Água Preta	PE	NE	2010

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
82	Amaraji	PE	NE	2010
82	Barreiros	PE	NE	2010
82	Belém de Maria	PE	NE	2010
82	Catende	PE	NE	2010
82	Chã Grande	PE	NE	2010
82	Cortês	PE	NE	2010
82	Escada	PE	NE	2010
82	Gameleira	PE	NE	2010
82	Jaqueira	PE	NE	2010
82	Joaquim Nabuco	PE	NE	2010
82	Maraial	PE	NE	2010
82	Palmares	PE	NE	2010
82	Pombos	PE	NE	2010
82	Primavera	PE	NE	2010
82	Quipapá	PE	NE	2010
82	Ribeirão	PE	NE	2010
82	Rio Formoso	PE	NE	2010
82	São Benedito do Sul	PE	NE	2010
82	São José da Coroa Grande	PE	NE	2010
82	Sirinhaém	PE	NE	2010
82	Tamandaré	PE	NE	2010
82	Vitória de Santo Antão	PE	NE	2010
82	Xexéu	PE	NE	2010
77	Natal	RN	NE	2000
40	Parnamirim	RN	NE	2001
3	Monte Alegre	RN	NE	2007
8	Natal	RN	NE	2010
29	Aracaju	SE	NE	1994
37	Pirambu	SE	NE	2010
76	Porto da Folha	SE	NE	2011
29	Curitiba	PR	S	1981
40	Curitiba	PR	S	1998
40	Maringá	PR	S	2001
40	Maringá	PR	S	2001
74	Pato Branco	PR	S	2004
42	Paranavaí	PR	S	2006
74	Presidente Castelo Branco	PR	S	2006
22	Campo Mourão	PR	S	2012
23	Ponta Grossa	PR	S	2018
29	Caxias do Sul	RS	S	1991
52	Porto Alegre	RS	S	1994
29	Caxias do Sul	RS	S	1995
49	Porto Alegre	RS	S	1997
40	Rio Grande	RS	S	1997
29	Porto Alegre	RS	S	1997
78	Bento Gonçalves	RS	S	2000
78	Bento Gonçalves	RS	S	2001
49	Porto Alegre	RS	S	2002
78	Bento Gonçalves	RS	S	2003
78	Caxias do Sul	RS	S	2003
40	Bento Gonçalves	RS	S	2003
75	Sant'Ana do Livramento	RS	S	2004
24	Passo Fundo	RS	S	2007
53	Porto Alegre	RS	S	2010
66	Garibaldi	RS	S	2012
13	Novo Hamburgo	RS	S	2012
41	Garibaldi	RS	S	2013
84	Uruguaiana	RS	S	2017
50	Águas Mornas	SC	S	2001
50	Balneário Camboriú	SC	S	2001
50	Blumenau	SC	S	2001
50	Bombinhas	SC	S	2001

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
50	Gaspar	SC	S	2001
50	Itajaí	SC	S	2001
50	Navegantes	SC	S	2001
50	Rancho Queimado	SC	S	2001
50	São João Batista	SC	S	2001
50	São José	SC	S	2001
50	Florianópolis	SC	S	2002
12	Rancho Queimado	SC	S	2002
12	Águas Mornas	SC	S	2002
12	Bombinhas	SC	S	2002
12	São João Batista	SC	S	2002
12	Navegantes	SC	S	2002
12	Gaspar	SC	S	2002
12	Balneário Camboriú	SC	S	2002
12	Itajaí	SC	S	2002
12	São José	SC	S	2002
12	Blumenau	SC	S	2002
12	Florianópolis	SC	S	2002
92	Florianópolis	SC	S	2003
71	Orleans	SC	S	2012
71	Treviso	SC	S	2012
71	Urussanga	SC	S	2012
28	Nova Veneza	SC	S	2014
31	Florianópolis	SC	S	2016
29	Vitória	ES	SE	1993
12	Vitória	ES	SE	2001
29	Juiz de Fora	MG	SE	1990
38	Belo Horizonte	MG	SE	1991
40	Viçosa	MG	SE	1992
29	Belo Horizonte	MG	SE	1995
29	Juiz de Fora	MG	SE	1995
40	Passos	MG	SE	1996
40	Betim	MG	SE	1996
29	Belo Horizonte	MG	SE	1996
26	Alto Jequitibá	MG	SE	1997
26	José Gonçalves de Minas	MG	SE	1997
26	Presidente Kubitschek	MG	SE	1997
25	Itajubá	MG	SE	1997
45	Rio Preto	MG	SE	1998
40	Itamogi	MG	SE	2002
25	Itajubá	MG	SE	2003
74	Leopoldina	MG	SE	2004
25	Itajubá	MG	SE	2006
40	Uberlândia	MG	SE	2008
60	Betim	MG	SE	2009
5	Pirapora	MG	SE	2010
87	Nova Ponte	MG	SE	2013
2	Maria da Fé	MG	SE	2015
29	Rio de Janeiro	RJ	SE	1963
10	Rio de Janeiro	RJ	SE	1977
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1979
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1980
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1981
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1982
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1983
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1984
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1985
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1986
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1987
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1988
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1989
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1990

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1991
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1992
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1993
12	Rio de Janeiro	RJ	SE	1993
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1994
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1995
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1996
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1997
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1998
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	1999
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2000
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2001
79	Paracambi	RJ	SE	2001
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2002
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2003
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2004
86	Paracambi	RJ	SE	2004
86	São Gonçalo	RJ	SE	2004
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2005
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2006
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2007
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2008
91	Rio de Janeiro	RJ	SE	2009
58	Rio de Janeiro	RJ	SE	2011
59	Rio de Janeiro	RJ	SE	2014
10	São Paulo	SP	SE	1971
35	São Paulo	SP	SE	1972
7	São Paulo	SP	SE	1976
29	São Paulo	SP	SE	1976
10	São Paulo	SP	SE	1976
10	São Paulo	SP	SE	1977
29	Rio Claro	SP	SE	1986
29	São Carlos	SP	SE	1989
35	São Paulo	SP	SE	1989
35	São Paulo	SP	SE	1990
7	São Paulo	SP	SE	1991
38	São Paulo	SP	SE	1991
40	São Paulo	SP	SE	1991
30	Aparecida	SP	SE	1993
30	Roseira	SP	SE	1993
30	Piquete	SP	SE	1993
30	Cachoeira Paulista	SP	SE	1993
30	Cunha	SP	SE	1993
30	Guaratinguetá	SP	SE	1993
35	São Paulo	SP	SE	1993
4	São Paulo	SP	SE	1995
7	São Paulo	SP	SE	1996
40	Campinas	SP	SE	1996
74	Botucatu	SP	SE	1997
46	Botucatu	SP	SE	1997
29	Botucatu	SP	SE	1997
29	São Paulo	SP	SE	1997
48	Ribeirão Preto	SP	SE	1998
7	São Paulo	SP	SE	1998
35	São Paulo	SP	SE	1998
88	Presidente Prudente	SP	SE	2000
7	São Paulo	SP	SE	2000
72	Jaú	SP	SE	2001
40	Presidente Prudente	SP	SE	2001
32	São Paulo	SP	SE	2003
56	São Paulo	SP	SE	2003
36	São Paulo	SP	SE	2003

Ref.	Município	UF	Reg.	Ano
6	Uru	SP	SE	2003
6	Bocaina	SP	SE	2003
6	Parapuã	SP	SE	2003
6	Tarumã	SP	SE	2003
6	Presidente Bernardes	SP	SE	2003
6	Itatinga	SP	SE	2003
6	Martinópolis	SP	SE	2003
6	Adamantina	SP	SE	2003
6	Assis	SP	SE	2003
6	São José do Rio Preto	SP	SE	2003
6	São José dos Campos	SP	SE	2003
6	São Paulo	SP	SE	2003
7	São Paulo	SP	SE	2003
21	São Carlos	SP	SE	2005
55	São Paulo	SP	SE	2005
55	São Paulo	SP	SE	2006
39	Indaiatuba	SP	SE	2007
55	São Paulo	SP	SE	2007
24	São Paulo	SP	SE	2008
72	Jaú	SP	SE	2010
57	Araraquara	SP	SE	2011
64	Campinas	SP	SE	2012
61	Bragança Paulista	SP	SE	2013
54	Rio Claro	SP	SE	2014
70	Taquaral	SP	SE	2014

Referências da Tabela 36:

- 1 - ALCANTARA, A. J. O. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres-MT.** 2010. 86 p. (Dissertação) - Universidade do Estado do Mato Grosso, Cáceres-MT, 2010.
- 2 - ALKMIN, D. V.; RIBEIRO JR, L. U. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do lixão do município de Maria da Fé, Estado de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 61, p. 65-82, 2017.
- 3 - ARCILA, R. I. A. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos nos municípios de pequeno porte do Brasil.** 2008. 67p. (Dissertação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2008.
- 4 - AZEVEDO, J. **Estudo ambiental/econômico do composto orgânico do sistema de beneficiamento de resíduos sólidos urbanos da usina de Irajá, município do Rio de Janeiro.** 2000. 120 p. (Dissertação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 2000.
- 5 - BANCO DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS S. A.; BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos.** Município de Pirapora - MG. 2010.
- 6 - BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo.** 2005. (Tese) - Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2005.
- 7 - BESEN, G. R. **Programas municipais de coleta seletiva em parceria com organizações de catadores na região metropolitana de São Paulo: desafios e perspectivas.** 2006. (Dissertação) - Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2006.
- 8 - BISPO, C. S. **Gerenciamento de resíduos sólidos recicláveis: estudo de caso das cooperativas do município de Natal/RN.** 2013. (Dissertação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, 2013.
- 9 - CARVALHO, J. L. V.; JESUS, S. C.; PORTELLA, R. B. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais do centro da cidade de Barreiras - Bahia.** 2013. *Revista Chão Urbano online*. Disponível em: <http://www.chaourbano.com.br/visualizarArtigo.php?id=65>.
- 10 - CESP. **Sistema de usinas termoeletricas a lixo para a cidade de São Paulo, Estudo de viabilidade econômica**, v. 1, 1981, São Paulo-SP.
- 11 - COELHO, T. C.; ALENCAR, R.; OLIVEIRA, R. M. S. Caracterização física dos resíduos sólidos de Palmas-TO destinados ao aterro sanitário municipal. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n. 12, 2011.
- 12 - COMCAP. **Caracterização física dos resíduos sólidos de Florianópolis.** cap. II. 2012. 112 p.
- 13 - CONSÓRCIO PÚBLICO DE SANEAMENTO BÁSICO DA BACIA DO RIO DOS SINOS. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Novo Hamburgo.** 2012.
- 14 - CONSULPLAN. **Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Consórcio Timbiras.** 2012. 228 p.
- 15 - COSTA, A. R.; ALMEIDA, L. F.; MEDEIROS, L. E. C.; BARROS N. K. P. **Diagnóstico situacional dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Santo Antônio do Leverger e Propostas de Solução para os Resíduos domiciliares.** 2014.
- 16 - CUNHA, E. R. **Diagnóstico e proposta de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos da Sede do Município de Curuçá - PA.** **Estudos tecnológicos**, v. 3, n. 1, 2007.
- 17 - de ARAÚJO, N. C.; QUEIROZ, A. J. P.; GUIMARÃES, P. L. F.; GOMES, A. A. Gravimetria e abordagem econômica dos resíduos sólidos urbanos em um município no estado da Paraíba. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology**, v. 19, n. 3, p. 67-72, 2015.
- 18 - de MELO FERREIRA, E.; BATISTA, F. V.; RIBEIRO, N. M.; PFEIFFER, S. C. **Diagnóstico e proposições para os resíduos sólidos urbanos de Professor Jamil, GO.** **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 3, p. 27-41, 2015.

- 19 - EICHENBERGER, A. M. R.; SOUSA, G. C.; GLOAGUEN, R. A. B. G. **Diagnóstico e composição gravimétrica dos resíduos sólidos em três bairros do município de Cruz das Almas - BA.** IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2016.
- 20 - FIRMEZA, S. M. **A caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares de Fortaleza como fator determinante do seu potencial reciclável.** 2005. (Dissertação) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. 2005.
- 21 - FRÉSCA, F. R. C. *et al.* **Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Carlos/SP.** 2008.
- 22 - GASQUES, A. C. F. **Caraterização Quantitativa e Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Campo Mourão - PR.** 2013. (Monografia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- 23 - GOMES, S.; NETO, P. H. W.; DA SILVA, D. A.; ANTUNES, S. R. M.; ROCHA, C. H. **Potencial energético de resíduos sólidos domiciliares (RSD) do município de Ponta Grossa, PR, Brasil.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 22, n. 6, 2018.
- 24 - GOMES, A. P. **Diagnóstico do sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Passo Fundo/RS.** *Revista DAE*, n. 190, 2012.
- 25 - GONÇALVES, A. T. T. **Potencialidade energética dos resíduos sólidos domiciliares e comerciais do município de Itajubá MG.** 2007. 192 p. (Dissertação) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2007.
- 26 - GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Projeto de gestão de resíduos sólidos de Brumadinho - MG e outros municípios.** Belo Horizonte, 1997.
- 27 - GOVERNO ESTADUAL DO AMAZONAS. **Plano Estadual de resíduos sólidos do Amazonas.** 2017.
- 28 - GUADAGNIN, M. R.; OENING, A. S. **Estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos em municípios do Sul Catarinense.** Simpósio Internacional de Qualidade ambiental. 2014.
- 29 - HENRIQUES, V. M. **Estudo da composição gravimétrica e físico-química dos resíduos sólidos domiciliares do município de Vitória-ES.** 1999. 144 p. (Dissertação) - Universidade Federal do Espírito Santo, 1999.
- 30 - HOLANDA, M. R. **Avaliação do potencial de geração a partir de resíduos sólidos municipais na região de Guaratinguetá.** 1998. (Dissertação) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 1998.
- 31 - PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS. **Plano Municipal de Coleta Seletiva.** 175 p. 2016.
- 32 - PEDOTT, J. G. J. **Avaliação e resultados e causas do insucesso na geração de créditos de carbono nos aterros Bandeirantes e Sítio São João.** 2014. 169 p. (Dissertação) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo-SP, 2014.
- 33 - IBAM. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos na Amazônia: a metodologia e os resultados de sua aplicação.** 2001-2004.
- 35 - IPT; CEMPRE. **Manual de gerenciamento integrado.** 370 p. São Paulo, 2000.
- 36 - IWAI, C. K. **Avaliação da qualidade das Águas subterrâneas e do solo em áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte: aterro sanitário em valas.** 2012. (Tese) - Universidade de São Paulo, 2012.
- 37 - LIMA, Â. P. S. D.; ALMEIDA, L. C. D.; MENEZES, M. D. L. D. J.; CASADO, A. P. B.; BRASILEIRO, G. A. M. **Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos urbanos em Pirambu/SE para a busca do desenvolvimento sustentável.** Instituto Federal do Sergipe, 2010.
- 38 - LIMA, A. X. **Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica de uma usina de incineração de resíduos sólidos urbanos no ABCD.** 1994. (Dissertação) - Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 1994.

- 39 - MANCINI, S. D.; NOGUEIRA, A. R.; KAGOHARA, D. A.; SCHWARTZMAN, J. A.; DE MATTOS, T. Recycling potential of urban solid waste destined for sanitary landfills: the case of Indaiatuba, SP, Brazil. **Waste Management & Research**, v. 25, n. 6, p. 517-523, 2007.
- 40 - MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares.** (Tese) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Carlos, 2008.
- 41 - MERSONI, C.; REICHERT, G. A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 863-875, 2017.
- 42 - NAGASHIMA, L. A. *et al.* Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - uma proposta para o município de Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 33, n. 1, 2011.
- 43 - NETO, J. P. F.; LIMA, J. D. D.; QUEIROZ, M. A. D.; NÓBREGA, C. C. **Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares do município de João Pessoa-PB.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20ª Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental, 3 (papel. 10). ABES. 1999.
- 44 - NÓBREGA, C. C.; PEREIRA, S. L. D. M.; FIGUEIREDO, M. M. C.; NETO, J. F. D. A. **Análise preliminar física e físico-químicas dos resíduos sólidos domiciliares de Pedras de Fogo, Paraíba.** In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. v. 2. 2007.
- 45 - OIKOS CONSULTORIA AMBIENTAL. **Projeto para Elaboração de Unidade de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos do Município de Rio Preto/MG.** Juiz de Fora/MG, 1998.
- 46 - OLIVEIRA, S. Caracterização física do Resíduo Sólido Doméstico da cidade de Botucatu/SP. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 4, n. 4, 1999, ABES, São Paulo/SP.
- 47 - GOVERNO DE BRASÍLIA. **Plano distrital de saneamento básico e de gestão integrada de resíduos sólidos.** 368 p. 2017.
- 48 - PEREIRA JÚNIOR, M. **Caracterização do lixo doméstico de Ribeirão Preto.** Ribeirão Preto: o autor, 1998.
- 49 - PIEROBON, L. R. P. **Sistema de geração de energia de baixo custo utilizando biogás proveniente de aterro sanitário.** 2007. 154 p. (Tese) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2007.
- 50 - CODESC; BURGEAP; ENGEPIO. **Plano Diretor Regional de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos no Estado de Santa Catarina: Relatório Parcial R3.** Florianópolis, 2002.
- 51 - PREFEITURA DE CUIABÁ. **Plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos - PGIRS.** Audiência pública. 2014.
- 52 - Prefeitura de Porto Alegre. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Porto Alegre.** 2011.
- 53 - PREFEITURA DE PORTO ALEGRE. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Porto Alegre.** 2012.
- 54 - PREFEITURA DE RIO CLARO. **Diagnóstico dos resíduos sólidos do município de Rio Claro.** 2014.
- 55 - PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Gestão dos resíduos sólidos na cidade de São Paulo.** 2007.
- 56 - PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Composição gravimétrica e físico-química dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Paulo.** 2003.
- 57 - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA. **Plano municipal de Saneamento Básico - plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.** 2013.
- 58 - PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade do Rio de Janeiro.** 2012.

- 59 - PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos da cidade do Rio de Janeiro.** 2014.
- 60 - PREFEITURA MUNICIPAL DE BETIM. Secretaria Municipal de Infraestrutura. **Plano Municipal de Resíduos Sólidos - Betim/MG.** 2010.
- 61 - PREFEITURA MUNICIPAL DE BRAGANÇA PAULISTA. **Composição gravimétrica.** 2013
- 62 - PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMAÇARI. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos de Camaçari - BA.** 2016
- 63 - PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINA GRANDE. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Campina Grande - PB.** 2014.
- 64 - PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos.** 2012.
- 65 - PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. **Plano Municipal de Saneamento Básico - Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** 2012.
- 66 - PREFEITURA MUNICIPAL DE GARIBALDI. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** 2012.
- 67 - PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. Secretaria de Serviços Públicos e Prevenção à Violência. **Plano Básico de Limpeza Urbana.** 2012.
- 68 - PREFEITURA MUNICIPAL DE SALVADOR. Secretaria de Serviços Públicos e Prevenção à Violência. **Plano Básico de Limpeza Urbana.** 2013.
- 69 - PREFEITURA MUNICIPAL DE SOBRAL. **Plano de gestão integrada de resíduos sólidos de Sobral - CE.** 2014.
- 70 - PREFEITURA MUNICIPAL DE TAQUARAL. **Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos no município de Taquaral.** 2014.
- 71 - CISURES. **Relatório Gerencial de 2006 a 2014.** 113 p. Urussanga-SC, 2014.
- 72 - REZENDE, J. H.; CARBONI, M.; DE TOLEDO MURGEL, M. A.; CAPPES, A. L. D. A. P.; TEIXEIRA, H. L.; SIMÕES, G. T. C.; DE ALMEIDA OLIVEIRA, C. **Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP).** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 18, n. 1, 2013.
- 73 - RIBEIRO, R. G. M.; PINHEIRO, R. V. N.; MELO, D. A. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares encaminhados ao aterro sanitário do município de Goiânia -GO.** III Congresso Bras. de Gestão Ambiental. 2012.
- 74 - ROCHA, I. L.; AGUIAR, M. I. **Análise comparativa de estudos sobre a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos gerados em diferentes municípios brasileiros.** VII Congresso Norte, Nordeste de Pesquisa e Inovação. 2012.
- 75 - SOUZA, A. B. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos no Município de Santana do Livramento: Uma Análise à Luz da Lei 12.305/2010.** Bagé-SC: Universidade Federal do Pampa, 2010.
- 76 - SANTOS, A. G. C. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Porto da Folha-SE.** 2012, 147 p. (Dissertação) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE, 2012.
- 77 - SANTOS, E. M. D.; MACEDO, R.; PINHEIRO, J. **Resíduos sólidos urbanos: uma abordagem teórica da relevância, caracterização e impactos na cidade do Natal/RN.** 2002. Encontro Nacional De Engenharia De Produção, Curitiba-PR, 2002.
- 78 - SCHNEIDER, V. E.; PANAROTTO, C. T.; PERESIN, D. **Considerações sobre a geração de resíduos em dois municípios do Rio Grande do Sul/Brasil - Representatividade das coletas regular e seletiva.** XXIX Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. San Juan - Puerto Rico: AIDIS, 2004.

- 79 - SCHUELER, A. S. **Estudo de caso e proposta para classificação de áreas degradadas na disposição de resíduos sólidos urbanos.** 2005, 278 p. (Tese) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2005.
- 80 - GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Secretaria das Cidades. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Ibicuitinga - CE.** 2012.
- 81 - GOVERNO DO ESTADO DE ALAGOAS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas.** 2016.
- 82 - GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos - PE.** 2012.
- 83 - SIGMA CONSULTORIA ECONÔMICA E AMBIENTAL. **Análise Gravimétrica de Resíduos Sólidos.** [s.l.], 2014.
- 84 - SILVA, A. A. **Diagnóstico situacional da gestão dos resíduos sólidos no município de Uruguaiana-RS.** 2017. In: 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, Anais, Curitiba-PR, 2017.
- 85 - SILVA, J. A.; SOUZA, V.; MOURA, J. M. **Gestão de Resíduos Sólidos Domiciliares em Cuiabá: Gerenciamento Integrado.** 2011. In: II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Anais, Londrina-PR, 2011.
- 86 - SILVEIRA, A.M. **Estudo e peso específico de resíduos sólidos urbanos.** 2004. 112 p. (Dissertação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2004.
- 87 - SIQUEIRA, H. E.; SOUZA, A. D.; BARRETO, A. C.; ABDALA, V. L. **Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Nova Ponte (MG).** *Revista DAE*, n. 202, p. 39-52, 2016.
- 88 - SOBRINHO, N. L. C. **Uma análise do balanço hídrico do aterro sanitário de Presidente Prudente.** 2000, 128 p. (Dissertação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2000.
- 89 - SOUZA, G. C. C.; ARAÚJO, W. E. L. **Caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares do município de Caçu-GO.** Universidade de Rio Verde - UniRV, 2014.
- 90 - STROSKI, A. A. **Política Nacional de Resíduos Sólidos e Licenciamento Ambiental.** Manaus: UFAM/PPGCASA, 2011.
- 91 - TARAZONA, C. F. **Estimativa de produção de gás em aterros de resíduos sólidos urbanos.** 2010. 189 p. (Dissertação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ, 2010.
- 92 - VEIGA, V.V. **Análise de indicadores relacionados à reciclagem de resíduos sólidos urbanos no município de Florianópolis.** 2004. 140p. (Dissertação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2004.

A.3. RESUMO METODOLÓGICO

Tabela 38. Resumo da metodologia utilizada no cálculo de emissões do setor Resíduos.

Subsetor	Método	Parâmetros	Fonte de dados
5.A	Tier 2	População Total	Censo Demográfico (1970; 1980; 1991; 2000; 2010), Estimativas da População (1992 a 1995; 1997 a 1999; 2001 a 2009; 2011 a 2016) e Contagem da População (1996; 2007), todas do IBGE. Lacuna estimada para as décadas de 1970 e 1980 e 1994, por meio de modelo polinomial de grau 2.
		MSW <i>per capita</i>	Considerou-se a população total (urbana e rural) com coleta (SNIS e IBGE). Modelo polinomial de grau 2 com base nos dados do IBGE (1980a; 1980b; 1988; 1994; 2000; 2008) e do SNIS (anos 2003 a 2016; MCID, 2018) de população total atendida com coleta de MSW e a massa coletada.
		MCF	Considerou-se como gerenciados: aterros sanitários e não categorizados: aterros controlados e lixões. O tipo de aterro existente em cada município foi obtido a partir da informação da unidade de disposição final de todos os municípios do Brasil (SINIR, 2015) e o ano de início de operação dos aterros sanitários (SNIS; MCID, 2018).
		DOC	Atualização da lista de composição gravimétrica do Terceiro Inventário. A lacuna de dados foi obtida por regressão linear para UF considerando a distribuição de cada uma das frações gravimétricas, com distinção da contribuição do DOC por cada componente.
		R	Atualização das informações dos projetos MDL.
		Fator de oxidação - OX	<i>default</i> (IPCC, 2006).
5.B	Tier 1	MSW	idem subsetor 5.A
		EF _{N2O} , EF _{CH4}	<i>default</i> (IPCC, 2006).
5.C.1	Tier 2A (CO ₂) e 1(N ₂ O)	SW _{CW}	Dados de quantidade de resíduos de saúde incinerados obtidos a partir da população dos municípios com coleta e massa coletada (IBGE, 2000; 2008). Lacunas supridas a partir da interpolação linear desses dados.
		dm _i , CF _i , FCF _i , OF _j , EF _{N2O}	<i>default</i> (IPCC, 2006).
5.C.2	Tier 2A (CO ₂), 1 (CH ₄) e 1 (N ₂ O)	Pfrac	Dados do Censo (1991, 2000 e 2010) e da Pnad (anos intermediários ao Censo) e lacunas para anos 1994 e 2016 foram estimados.
		B _{frac} , dm _i , CF _i , FCF _i , OF _j , EF _{CH4} , EF _{N2O}	<i>default</i> (IPCC, 2006).
5.D.1	Tier 2 (CH ₄) e 1 (N ₂ O)	Fração do grupo de renda da população total - U _i	Consideraram-se população urbana e população rural. A população urbana das UF foi estimada anualmente por regressão linear bivariada simples entre os intervalos dos Censos populacionais (IBGE, 1970; 1980; 1991; 2000; 2010). População rural estimada pela diferença entre total e urbana.

Subsetor	Método	Parâmetros	Fonte de dados
		Grau de utilização do sistema de tratamento ou caminho de despejo - Tij	Os dados observados são a população urbana e a rural com rede de coleta, com fossa séptica, com fossas negras (identificadas pelo IBGE como “outros”) e com vala a céu aberto ou descarga direta em corpos hídricos (identificadas pelo IBGE como “nenhum”), provenientes da Pnad (1992 e 1993, 1995 a 1999, 2001 a 2009 e 2011 a 2015) e do Censo (1991, 2000 e 2010). Foi ajustado um modelo de regressão independente para cada variável (Rede, Fossa, Outro e Nenhum) para se estimar a população atendida por cada tipo de sistema em função da população do grupo de renda i (urbana ou rural) e da proporção entre essa população e o ano (Pop_i/ano). Fração da população atendida com cada tecnologia de tratamento estimada a partir da população residente nos municípios contendo cada tecnologia observada nas PNSB (IBGE, 1994; 2000; 2008). Interpolação linear entre as observações e conservação da fração nos anos subsequentes à última observação.
		B₀	<i>default</i> (IPCC, 2006).
		MCF	Foram classificados os sistemas de tratamento utilizados no Brasil presentes nas PNSB (1989, 2000, 2008), com interpolação linear simples entre períodos, de acordo com valores <i>default</i> (IPCC, 2006).
		Protein	Dados da FAO (2009), com interpolação linear simples nas lacunas.
		R	Calculado assumindo pressuposto de queima simples com 50% de eficiência de destruição, apenas para sistemas com reatores anaeróbios.
		Lodo - S	Calculado com base nos fatores de geração de DBO de lodo por DBO tratada em cada tecnologia de tratamento encontrados na literatura nacional (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).
		F_{NON_CON}, F_{NPR}, E_{EFFLUENT}	<i>default</i> (IPCC, 2006).
5.D.2	Tier 2	P_i	Açúcar e Álcool (UNICA, 2019); Leite cru (PPM - IBGE, 2019); Leite pasteurizado (ABLV, 2019); Celulose (IBA, 2019); Cerveja, Abate de aves, Abate de bovinos e Abate de suínos (PIA - IBGE, 2019).
		Carga orgânica por unidade de produto	Valores de carga orgânica utilizados: Açúcar: 21 e 82 (CTC, 1995; ANA, 2009); Álcool: 146 (ANA, 2009); Celulose: 19 (IPPC, 2015)
		B₀	<i>default</i> (IPCC, 2006).
		MCF	Revisão do painel de especialistas do Terceiro Inventário: Consideraram-se 100% dos efluentes da cadeia industrial de açúcar e álcool com disposição agrícola no solo; lodo ativado classificado como tratamento aeróbio (MCF 0,1).
		R	Calculado assumindo pressuposto de queima simples com 50% de eficiência de destruição, apenas para sistemas com reatores anaeróbios.
		Lodo - S	Calculado com base nos fatores de geração de DBO de lodo por DBO tratada em cada tecnologia de tratamento encontrados na literatura nacional (ANDREOLI; VON SPERLING; FERNANDES, 2001).

APÊNDICE B - Resultados detalhados

Estimativa das emissões de CH₄ nas UF brasileiras para o período entre 1990 e 2016.

Tabela 39. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) do subsetor 5.A - Disposição de Resíduos Sólidos.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,2	2,8	5,7	0,7	11,9	7,2	9,9	4,2	9,0	1,2	56,2	3,4	1,7	3,1	5,5	17,2	0,7	15,5	89,6	4,6	0,8	0,2	27,7	6,2	2,1	235,8	0,2
1991	0,2	3,4	7,0	0,8	13,6	8,4	11,9	4,7	10,1	1,9	64,8	3,7	2,0	4,4	6,5	19,6	0,8	18,1	101,5	5,5	1,1	0,4	30,5	7,2	2,4	251,8	0,4
1992	0,4	4,0	8,1	1,0	15,2	10,2	13,3	5,4	10,8	2,5	70,3	3,9	2,3	5,5	6,4	21,7	1,1	20,1	112,0	6,6	1,5	0,7	34,6	8,5	2,8	264,9	0,5
1993	0,5	4,9	9,8	1,3	17,0	12,2	14,5	6,5	11,6	3,2	76,3	4,4	2,5	6,8	6,8	24,0	1,8	22,4	119,8	7,8	1,9	0,9	38,3	9,9	3,3	283,7	0,8
1994	0,6	5,6	11,5	1,5	18,6	13,7	15,6	7,6	13,2	3,9	82,6	5,6	2,8	8,5	7,0	25,7	2,3	24,9	126,5	8,9	2,4	1,2	41,8	11,4	3,7	304,2	1,1
1995	0,7	6,2	13,1	1,9	21,0	15,8	17,0	8,6	15,1	5,3	89,0	6,5	3,0	10,0	7,4	28,4	2,9	27,3	134,2	10,1	2,8	1,5	45,4	12,9	4,4	325,7	1,4
1996	0,9	7,0	14,7	2,2	22,8	17,4	17,9	9,7	16,5	5,7	94,8	7,3	3,2	11,5	7,7	30,0	3,3	30,1	142,2	10,9	3,2	1,8	49,0	14,5	4,6	345,4	1,8
1997	1,0	7,8	15,9	2,3	24,5	19,1	19,8	10,5	18,0	6,4	100,3	7,9	4,3	12,9	8,9	31,6	4,3	33,7	150,0	11,4	3,6	1,8	52,4	15,9	4,9	348,1	2,1
1998	1,2	8,7	17,1	2,3	29,6	21,9	21,1	11,5	19,7	7,6	104,4	8,5	5,5	13,8	11,2	34,5	5,2	37,7	157,9	12,3	4,0	1,9	55,9	17,4	5,4	349,0	2,5
1999	1,3	9,6	18,5	2,5	34,1	25,0	22,4	12,4	21,4	9,2	109,7	9,0	6,7	15,1	13,4	37,2	6,2	42,1	165,1	13,1	4,4	2,0	59,0	18,9	6,0	365,6	3,2
2000	1,4	10,3	20,1	2,7	37,0	27,4	23,7	13,7	25,2	10,4	115,3	9,5	7,9	16,8	15,8	39,0	7,0	43,9	172,3	13,8	4,8	2,1	61,8	19,9	6,2	374,7	3,8
2001	1,6	10,8	19,8	2,8	41,8	27,4	23,6	17,5	27,2	9,9	117,3	11,2	9,5	21,1	15,3	38,3	7,6	47,1	184,6	13,4	4,7	1,9	62,8	22,5	6,4	409,6	4,2
2002	1,7	11,7	21,0	3,0	45,5	29,9	25,7	19,1	28,6	12,7	125,4	11,8	9,9	22,3	15,9	40,5	8,4	51,1	194,5	14,5	5,2	2,7	65,2	23,5	7,2	412,7	5,1
2003	1,8	12,6	22,3	3,1	49,0	32,3	27,6	20,6	30,6	15,3	132,9	12,3	10,7	24,3	16,4	42,8	9,0	53,6	206,3	15,3	5,7	3,4	67,0	25,1	7,8	420,5	6,0
2004	1,7	12,8	26,0	3,1	33,3	37,3	29,0	21,6	33,0	21,4	136,9	12,2	11,7	22,7	19,4	49,5	9,4	55,1	222,0	17,3	6,0	3,6	67,1	26,9	8,3	375,2	8,6
2005	1,7	12,8	26,1	3,3	35,6	35,1	30,0	23,2	36,5	24,6	148,1	13,0	11,6	22,9	20,3	53,1	9,0	59,9	240,7	18,6	5,7	4,3	67,5	28,8	10,4	383,5	7,8
2006	1,8	14,7	26,7	3,6	37,6	38,8	31,4	24,2	38,2	25,3	149,1	14,0	11,9	25,7	26,1	58,4	10,6	65,1	253,5	20,3	10,4	5,2	69,1	30,9	10,4	392,7	7,7
2007	2,0	17,8	27,7	3,4	38,2	39,6	33,0	24,5	35,8	26,9	145,5	14,9	12,2	26,5	27,2	64,0	10,8	68,6	262,9	21,7	9,7	5,8	70,6	32,9	10,8	354,5	7,6
2008	2,8	19,9	34,1	3,4	40,5	45,0	35,2	23,7	37,8	27,8	147,5	15,6	12,7	26,0	28,9	66,6	13,7	72,9	266,7	22,4	9,4	6,6	65,2	34,4	11,1	310,0	8,5
2009	2,9	21,4	34,1	3,9	43,2	46,2	38,9	23,2	41,5	43,7	154,7	16,5	13,0	28,4	27,4	69,2	13,3	76,8	276,4	22,9	9,7	7,2	70,6	28,8	11,6	323,7	7,7
2010	3,2	21,6	35,6	3,8	46,5	49,9	42,4	24,8	43,7	41,3	157,8	16,7	14,5	27,9	25,7	67,7	14,9	83,3	260,1	24,1	10,4	7,8	71,3	31,1	12,0	322,0	9,9
2011	3,4	24,2	31,3	3,8	78,5	52,7	44,3	28,2	45,3	34,4	154,8	17,3	14,6	22,6	27,1	65,4	18,9	86,0	248,7	22,9	10,2	8,2	72,6	31,4	11,7	336,8	11,7
2012	4,5	26,6	20,4	3,8	84,3	55,1	45,9	32,4	48,0	34,8	148,5	18,3	15,1	26,2	27,8	66,1	21,2	87,5	247,5	25,5	10,6	8,2	70,9	31,5	12,0	346,0	14,2
2013	5,5	28,0	24,5	3,7	90,6	61,3	43,3	33,0	52,2	35,8	153,4	19,4	15,4	34,6	28,0	64,3	23,6	89,2	251,0	26,5	11,3	7,1	72,3	36,6	12,7	433,1	13,4
2014	5,5	30,5	18,1	4,0	100,2	65,1	44,0	37,1	52,8	35,5	149,8	21,3	16,3	36,0	27,8	65,9	24,7	90,8	254,1	28,9	11,8	7,3	71,9	47,4	13,6	407,5	13,5
2015	5,7	30,8	15,6	4,0	105,1	69,2	43,5	36,7	56,4	36,0	155,7	26,0	17,0	41,6	27,6	70,2	25,8	93,0	255,9	30,7	10,9	6,6	70,3	49,3	14,3	440,9	12,9
2016	6,4	35,9	19,8	4,5	111,1	72,8	39,1	38,7	61,9	41,3	168,0	27,2	20,2	46,3	29,0	71,7	27,6	95,7	274,2	32,6	11,8	6,7	73,1	51,3	15,1	461,9	13,6

Tabela 40. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) do subsetor 5.B - Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,3	4,3	7,8	0,9	16,7	12,0	10,9	4,2	7,9	3,0	68,3	2,7	1,7	4,1	9,0	20,6	1,3	20,2	58,4	8,0	1,5	0,7	35,6	10,0	2,7	164,5	0,7
1991	0,7	5,6	9,1	1,3	19,9	17,1	10,4	6,1	7,4	3,6	67,9	2,8	2,0	4,9	4,5	23,4	1,8	20,6	63,1	11,0	2,2	1,1	39,9	12,3	3,8	187,5	0,6
1992	0,7	7,2	12,2	1,7	22,4	19,6	10,9	7,2	8,0	4,2	74,5	3,5	1,8	7,0	6,5	26,0	2,3	23,5	63,1	13,1	2,7	1,5	43,1	14,1	4,2	210,8	1,4
1993	0,8	7,2	13,5	2,0	22,7	19,2	11,5	8,7	11,6	4,9	80,6	7,0	2,4	8,1	6,3	25,1	2,1	27,0	64,0	13,0	3,1	1,8	46,8	15,9	4,4	230,1	1,7
1994	1,0	7,7	14,7	2,3	29,7	24,1	13,0	9,2	14,0	8,4	86,9	7,5	2,4	9,1	7,7	32,1	2,9	29,0	71,6	15,5	3,5	2,1	48,9	17,1	6,5	253,2	2,1
1995	1,2	9,3	16,0	2,7	28,0	24,0	12,7	9,7	14,2	6,1	89,6	7,9	2,6	10,0	7,6	29,4	2,6	32,4	76,7	14,3	3,8	2,3	51,3	19,2	5,0	265,5	2,3
1996	1,2	9,9	15,9	2,3	29,1	25,7	16,1	9,3	15,4	7,5	94,7	7,9	5,4	10,5	13,9	31,8	4,9	38,6	81,5	13,2	4,0	1,6	52,2	20,1	5,4	220,5	2,6
1997	1,3	11,7	16,6	1,9	36,8	32,7	15,9	10,2	17,6	10,1	85,0	8,6	6,0	9,7	22,0	39,3	5,5	44,6	89,3	16,4	4,1	1,7	52,0	21,3	6,8	205,2	3,3
1998	1,4	12,5	18,2	2,4	39,4	36,8	16,9	10,6	19,0	12,6	91,5	9,1	6,6	11,2	24,7	41,7	6,2	49,8	91,2	16,8	4,7	1,9	51,3	22,7	7,3	246,7	3,9
1999	1,4	12,3	20,0	2,7	34,8	34,6	18,0	11,3	26,2	12,3	96,9	9,5	7,7	13,3	28,2	38,8	6,3	39,2	95,7	15,7	4,8	2,0	51,8	20,1	6,6	233,7	4,3
2000	1,9	12,2	14,4	2,5	44,7	25,0	14,5	16,5	23,8	7,7	89,5	14,3	9,2	21,7	13,1	29,1	6,9	43,5	115,2	10,2	3,5	1,0	44,4	27,4	6,4	298,0	3,8
2001	1,4	14,5	19,1	2,6	46,1	38,1	21,5	13,4	23,7	19,1	109,8	12,2	7,3	16,9	19,2	41,3	7,7	45,9	119,5	18,2	5,3	4,2	51,2	20,0	9,3	239,4	5,2
2002	1,8	15,3	20,0	2,6	49,9	40,9	22,4	15,4	25,3	21,2	115,4	12,5	8,4	19,8	18,5	44,5	8,0	42,1	131,9	16,6	5,6	4,5	49,8	21,1	9,7	258,3	5,6
2003	1,1	12,8	28,8	2,6	60,1	58,2	22,6	15,5	27,5	39,5	110,8	10,5	9,4	11,9	28,1	65,7	7,9	39,9	150,9	24,3	6,1	3,6	42,4	21,1	9,5	197,7	10,0
2004	1,3	11,7	20,2	3,0	57,7	26,1	22,9	18,1	34,8	34,2	134,3	13,0	6,7	17,1	20,8	59,4	5,6	50,8	170,0	16,1	3,6	5,0	43,7	21,8	17,9	268,7	3,5
2005	1,8	20,4	21,2	3,2	56,8	51,4	24,8	17,7	30,8	27,0	109,7	13,6	7,1	21,9	44,6	64,8	10,9	53,5	167,3	18,9	19,2	6,3	48,8	22,6	10,4	297,7	4,5
2006	1,8	28,9	22,5	2,1	56,3	40,0	26,9	17,3	19,1	30,4	94,2	14,4	7,2	20,0	27,8	71,6	7,8	46,0	177,6	19,4	6,0	6,2	49,8	22,5	11,6	268,4	4,1
2007	4,2	28,0	40,8	2,3	56,2	62,8	30,5	19,1	29,8	28,5	107,8	13,9	7,8	23,4	36,7	63,8	16,3	55,5	165,1	17,6	6,3	7,3	52,5	23,1	11,4	287,6	6,8
2008	2,3	27,5	25,4	4,2	63,2	48,1	38,0	17,5	36,6	80,8	130,4	15,2	7,4	35,9	21,7	66,1	8,4	55,5	175,4	16,8	7,8	7,2	88,9	23,3	12,2	351,4	2,9
2009	2,4	21,8	29,6	2,5	57,0	58,0	40,9	19,9	34,9	31,9	116,4	13,0	10,8	36,2	14,5	50,8	13,6	66,4	118,5	20,6	9,1	7,7	63,4	23,4	12,0	261,9	10,0
2010	2,0	22,8	28,7	2,6	54,3	59,3	38,9	18,9	34,4	14,0	111,3	14,1	8,0	24,4	24,2	46,5	23,4	57,6	114,7	10,6	6,7	7,3	69,0	25,1	9,6	237,8	9,9
2011	4,6	23,8	25,7	2,5	73,4	55,7	39,9	26,7	39,2	34,1	103,3	16,0	8,9	41,3	21,2	50,6	20,5	47,0	120,9	24,9	8,3	6,2	40,4	25,7	10,7	259,1	15,5
2012	5,1	25,2	29,7	2,5	87,5	82,1	27,0	21,3	48,0	36,6	117,9	17,2	8,5	45,8	21,0	66,4	24,0	54,8	140,8	22,9	9,6	2,5	50,2	26,2	14,3	263,7	7,1
2013	3,2	30,9	27,5	2,3	108,6	81,3	35,7	30,4	39,2	33,1	87,0	17,1	10,2	45,1	20,8	71,1	22,9	45,5	142,3	30,8	9,3	6,0	27,8	26,7	16,1	253,6	8,6
2014	3,6	25,5	20,8	2,0	100,6	88,1	32,8	21,9	50,2	36,4	111,5	26,3	10,6	32,5	21,0	77,1	24,0	45,8	156,8	30,9	5,2	2,8	44,9	26,3	16,4	320,1	6,4
2015	5,2	44,7	36,4	3,4	111,9	92,4	18,1	28,9	63,0	55,9	123,0	20,6	19,2	48,2	28,5	75,1	28,1	45,6	156,6	34,5	10,8	5,2	47,3	26,9	18,7	319,7	10,2
2016	4,5	33,3	29,1	5,3	135,6	100,4	17,5	22,5	48,9	44,4	114,5	19,9	20,8	43,9	34,4	97,2	28,5	48,6	137,5	36,9	8,0	5,3	45,3	28,1	21,9	279,1	8,7

Tabela 41. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) da categoria 5.C.2 - Queima de Resíduos a Céu Aberto.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,1	0,0	0,3	0,1	0,6	0,5	0,1	0,5	1,2	1,0	3,4	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	1,8	2,2	0,2	0,4	0,1	1,9	1,0	0,1	1,8	0,1
1991	0,1	0,1	0,9	0,1	0,5	0,5	0,1	0,4	0,8	0,8	3,2	0,5	0,2	0,9	0,1	0,3	0,2	1,3	2,3	0,3	0,4	0,1	1,5	0,8	0,1	1,9	0,2
1992	0,1	0,1	0,8	0,1	0,8	0,6	0,1	0,4	1,0	1,1	3,4	0,4	0,2	0,5	0,1	0,4	0,2	1,4	2,1	0,3	0,5	0,1	1,7	0,9	0,1	1,8	0,2
1993	0,1	0,1	0,9	0,1	0,9	0,7	0,1	0,5	1,0	1,2	3,4	0,4	0,2	0,8	0,1	0,5	0,3	1,4	2,1	0,3	0,5	0,1	1,7	0,9	0,1	1,7	0,2
1994	0,1	0,1	0,9	0,1	1,0	0,8	0,1	0,5	1,0	1,3	3,5	0,4	0,2	0,9	0,2	0,6	0,3	1,4	2,0	0,4	0,5	0,1	1,6	0,9	0,1	1,7	0,2
1995	0,1	0,2	1,0	0,1	1,1	0,9	0,1	0,5	1,0	1,5	3,5	0,4	0,2	1,0	0,2	0,6	0,3	1,4	1,9	0,4	0,5	0,1	1,6	0,9	0,1	1,7	0,3
1996	0,1	0,2	1,1	0,1	1,2	1,1	0,1	0,5	0,9	1,9	3,5	0,4	0,3	1,2	0,4	0,7	0,5	1,5	1,8	0,4	0,5	0,1	1,5	0,8	0,2	1,6	0,3
1997	0,1	0,2	1,1	0,1	1,4	1,2	0,1	0,5	0,9	2,0	3,5	0,3	0,3	1,3	0,5	0,8	0,6	1,5	1,7	0,4	0,5	0,1	1,5	0,8	0,2	1,6	0,3
1998	0,1	0,3	1,2	0,1	1,5	1,3	0,1	0,5	0,9	2,3	3,5	0,3	0,4	1,5	0,6	0,9	0,6	1,4	1,7	0,4	0,5	0,1	1,4	0,8	0,2	1,5	0,3
1999	0,1	0,3	1,3	0,1	1,6	1,4	0,1	0,5	0,8	2,5	3,5	0,3	0,4	1,6	0,7	0,9	0,7	1,4	1,4	0,4	0,5	0,1	1,4	0,8	0,2	1,5	0,3
2000	0,2	0,4	1,2	0,1	2,5	1,0	0,1	0,7	0,8	1,5	3,1	0,5	0,5	2,3	0,5	0,9	0,8	1,4	1,3	0,5	0,4	0,1	1,2	0,9	0,3	1,9	0,4
2001	0,1	0,4	1,1	0,1	1,9	1,5	0,1	0,5	0,7	2,4	3,4	0,3	0,3	1,5	0,6	1,1	0,7	1,4	1,1	0,6	0,6	0,2	1,2	0,7	0,3	0,9	0,4
2002	0,1	0,5	1,2	0,1	2,1	1,6	0,1	0,5	0,6	2,6	3,3	0,2	0,3	1,7	0,7	1,2	0,8	1,3	0,8	0,6	0,6	0,2	1,2	0,7	0,3	0,5	0,4
2003	0,1	0,4	1,7	0,1	2,4	2,1	0,0	0,5	0,6	2,8	3,0	0,3	0,4	1,4	0,9	1,5	0,7	1,1	0,8	0,9	0,5	0,2	0,9	0,5	0,3	0,3	0,8
2004	0,1	0,4	1,2	0,0	2,5	1,2	0,1	0,5	0,7	4,1	3,7	0,3	0,3	1,3	0,8	1,4	0,6	1,3	0,9	0,6	0,3	0,2	0,9	0,5	0,6	0,9	0,2
2005	0,1	0,7	1,2	0,1	2,6	2,1	0,1	0,4	0,6	2,9	3,0	0,3	0,3	1,7	1,6	1,5	1,1	1,3	0,8	0,8	1,5	0,3	0,9	0,5	0,3	1,0	0,3
2006	0,1	0,9	1,3	0,1	2,7	1,6	0,1	0,4	0,4	3,2	2,5	0,3	0,3	1,5	1,1	1,7	0,8	1,2	0,5	0,8	0,5	0,3	0,8	0,4	0,4	0,9	0,3
2007	0,2	0,9	2,0	0,0	2,8	2,7	0,1	0,3	0,4	2,9	2,6	0,3	0,4	1,4	1,3	1,6	1,6	1,0	0,5	0,7	0,3	0,2	0,7	0,3	0,3	0,7	0,3
2008	0,1	0,9	1,1	0,0	3,3	2,6	0,1	0,4	0,6	7,8	2,6	0,3	0,3	2,4	0,9	1,7	0,9	1,0	0,6	0,7	0,4	0,2	1,2	0,3	0,3	0,8	0,2
2009	0,1	0,8	0,9	0,0	3,2	2,7	0,1	0,3	0,5	3,2	2,7	0,3	0,5	2,1	0,6	1,3	1,5	1,1	0,3	0,7	0,4	0,3	0,7	0,3	0,3	0,5	0,5
2010	0,1	0,9	1,7	0,1	3,2	2,7	0,1	0,5	0,6	1,7	2,4	0,0	0,4	2,1	1,0	1,2	2,1	0,9	0,5	0,5	0,5	0,4	0,7	0,4	0,3	0,7	0,6
2011	0,2	1,0	1,3	0,1	3,1	2,7	0,0	0,3	0,4	3,3	1,9	0,3	0,4	3,2	0,9	1,6	2,0	0,5	0,2	0,6	0,4	0,2	0,4	0,3	0,4	0,6	0,5
2012	0,3	1,0	0,9	0,0	3,6	3,4	0,0	0,1	0,3	4,6	2,1	0,3	0,4	3,3	0,7	2,0	2,2	0,4	0,1	0,4	0,4	0,1	0,5	0,2	0,4	0,6	0,3
2013	0,2	1,2	1,1	0,1	4,4	3,5	0,1	0,5	0,4	3,7	2,4	0,3	0,6	3,1	0,9	2,1	1,9	0,6	0,0	0,7	0,6	0,2	0,5	0,2	0,5	0,5	0,4
2014	0,3	1,0	1,1	0,1	3,9	3,8	0,1	0,4	0,4	4,1	2,3	0,5	0,6	3,2	0,6	2,3	1,9	0,5	0,0	0,8	0,4	0,1	0,4	0,2	0,5	0,5	0,4
2015	0,3	1,5	1,2	0,1	4,2	3,7	0,0	0,5	0,4	5,7	2,3	0,3	0,5	3,1	0,8	2,1	2,0	0,5	0,0	0,7	0,5	0,2	0,4	0,1	0,5	0,3	0,4
2016	0,2	0,8	1,0	0,1	3,3	3,4	0,0	0,2	0,0	3,2	1,0	0,3	0,5	3,2	0,9	1,8	1,5	0,0	0,0	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3

Tabela 42. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) da categoria 5.D.1 - Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Domésticas.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	1,7	9,6	10,2	1,5	39,3	21,5	3,6	9,7	16,7	16,8	43,9	8,7	9,3	23,7	11,5	27,0	7,4	40,6	55,2	10,2	4,9	0,9	45,6	24,0	5,6	79,4	3,2
1991	1,8	9,8	10,6	1,5	39,6	21,8	3,7	9,6	16,9	16,4	42,8	8,6	9,8	22,7	12,2	27,0	8,0	39,5	55,0	10,7	5,3	1,0	44,8	24,4	6,0	80,3	3,1
1992	1,6	10,3	9,8	1,5	35,7	21,5	3,5	9,3	15,7	14,8	34,6	8,5	9,7	15,8	11,7	27,0	8,5	37,9	51,0	10,2	5,7	1,1	43,8	23,6	6,4	82,5	3,1
1993	1,6	10,4	10,8	1,5	35,8	22,3	3,5	9,5	19,6	16,7	44,3	8,3	9,4	19,2	12,6	27,4	8,9	37,8	51,3	11,0	6,3	1,2	45,3	23,5	7,0	83,9	3,1
1994	1,8	10,5	11,2	1,6	37,0	22,4	3,6	9,2	18,2	16,9	40,0	8,0	9,7	18,5	13,1	27,1	9,6	37,2	51,4	11,3	6,7	1,2	43,8	23,7	7,4	84,2	3,3
1995	2,0	10,6	11,6	1,7	38,5	22,6	3,6	8,9	16,6	17,1	35,6	7,7	10,0	17,7	13,7	26,9	10,3	36,6	51,4	11,5	7,1	1,3	42,2	23,8	7,8	84,4	3,5
1996	1,9	10,3	10,7	1,9	39,3	22,9	4,3	9,2	17,9	15,4	33,1	7,5	11,0	17,6	13,7	26,3	10,8	37,3	47,3	11,5	7,0	1,4	43,3	24,3	8,2	87,8	3,3
1997	2,0	10,6	11,6	2,2	39,4	23,4	3,7	8,8	18,9	14,4	30,5	7,2	10,4	16,1	14,5	25,9	11,4	37,7	49,1	11,7	6,8	1,4	43,3	24,1	8,5	85,1	3,9
1998	2,2	10,5	11,7	2,3	39,7	24,5	3,4	8,6	18,8	14,6	27,7	6,9	10,7	15,2	15,1	26,1	11,8	37,1	48,2	12,4	7,1	1,5	41,6	24,4	8,4	85,4	4,1
1999	2,2	10,8	12,2	2,5	40,9	24,8	4,2	8,5	19,5	14,6	25,1	6,4	10,9	14,3	15,0	25,8	11,9	37,0	46,8	12,5	7,3	1,5	40,9	24,2	8,8	88,4	3,9
2000	2,5	10,8	12,3	2,5	46,5	27,9	5,3	8,7	22,2	21,4	27,1	6,2	11,8	14,0	16,1	38,8	13,2	36,6	44,0	14,7	8,0	2,0	49,2	29,4	8,8	93,5	4,5
2001	2,5	11,9	13,4	2,9	45,9	30,3	5,8	10,3	22,7	22,5	28,5	6,7	12,5	16,0	17,0	27,4	13,6	38,2	49,5	15,2	8,1	2,1	40,5	27,1	9,6	95,7	4,5
2002	2,6	12,3	13,6	3,0	44,6	31,8	6,7	10,0	23,2	23,0	31,7	6,9	12,2	17,7	17,2	27,7	12,9	37,7	54,1	16,0	8,2	2,1	39,2	27,1	10,0	99,4	4,4
2003	2,8	12,7	12,8	3,1	44,7	34,0	7,6	10,2	23,3	24,0	35,0	7,2	11,3	18,3	17,9	28,2	13,9	37,1	51,0	15,4	8,5	2,2	39,9	26,7	9,6	104,8	4,4
2004	2,8	12,8	11,9	3,2	43,8	35,1	8,4	10,4	23,4	26,2	37,3	7,0	11,2	16,9	17,9	28,7	13,9	36,6	50,9	15,5	9,1	2,2	40,4	26,6	9,0	111,0	4,1
2005	3,0	12,5	11,5	3,4	41,1	35,6	9,4	10,7	23,4	26,3	41,6	7,1	10,8	17,5	18,0	29,0	13,8	35,8	52,1	15,1	9,1	2,3	40,3	26,6	9,8	117,8	3,8
2006	2,9	12,9	10,8	3,5	39,9	36,7	10,1	11,1	23,6	26,0	45,7	7,1	10,5	18,0	18,2	29,1	13,6	35,0	51,4	15,2	9,3	2,3	39,6	27,2	9,9	129,8	3,8
2007	3,1	13,2	9,0	3,5	37,6	37,7	10,9	11,1	23,5	22,9	51,7	7,8	10,0	22,2	18,2	27,9	13,5	32,2	49,8	15,4	8,7	2,3	39,7	25,5	10,3	139,9	3,9
2008	2,9	12,8	8,5	3,7	35,7	38,6	12,1	11,4	23,7	27,7	57,2	7,4	9,7	20,8	18,4	28,4	13,9	32,2	51,2	15,1	9,0	2,4	40,3	23,9	10,0	149,2	3,6
2009	3,2	13,1	9,2	3,8	37,8	37,4	11,5	11,9	23,9	27,9	61,5	7,6	10,8	22,5	19,6	28,9	13,5	34,3	42,0	15,8	9,0	2,4	39,9	24,5	9,5	155,1	3,8
2010	3,8	12,9	10,1	4,1	39,7	36,3	11,7	10,8	24,8	33,0	67,4	7,1	10,7	25,6	20,4	30,2	14,5	33,8	39,8	15,5	9,1	2,4	34,9	24,3	8,9	160,5	4,0
2011	3,5	12,6	8,4	3,7	42,1	33,3	11,6	10,9	25,7	25,4	72,5	7,5	11,2	23,0	22,9	29,1	14,2	35,9	43,4	17,0	9,4	2,6	40,1	26,0	9,3	171,5	3,7
2012	3,3	11,4	9,0	4,0	42,5	30,1	11,4	10,9	26,2	25,6	77,9	7,5	11,3	25,5	24,3	29,1	14,1	37,8	37,4	17,1	9,4	2,5	37,4	25,2	9,6	176,6	3,8
2013	3,1	13,1	8,2	4,1	43,7	28,5	11,0	9,8	27,0	27,0	81,9	7,3	11,0	24,6	25,6	29,3	14,6	42,4	35,6	16,8	9,8	2,5	34,4	26,8	8,6	180,8	3,7
2014	3,3	13,1	8,9	4,1	44,1	29,2	11,2	10,1	27,9	27,3	82,5	7,4	11,5	27,5	26,3	29,2	14,0	42,5	33,7	16,3	10,3	2,6	36,6	26,4	8,9	183,7	3,9
2015	3,1	13,5	9,1	4,0	42,9	29,1	11,5	10,2	27,4	25,4	82,0	7,1	11,6	28,6	25,9	29,2	14,1	42,5	34,9	16,5	10,3	2,5	35,0	23,9	9,0	184,3	3,8
2016	3,2	13,6	9,3	4,1	43,0	29,1	11,8	10,5	27,9	25,6	82,7	7,3	11,8	29,7	26,1	29,6	14,1	42,9	34,9	16,7	10,5	2,5	35,2	24,2	9,2	185,9	3,9

Tabela 43. Estimativa das emissões de CH₄ (Gg) da categoria 5.D.2 - Tratamento e despejo de Águas Residuárias Industriais.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,1	0,3	0,1	0,0	3,3	0,9	0,1	3,2	4,7	0,5	12,3	2,8	1,4	0,9	0,4	0,9	0,2	4,4	2,0	0,3	0,6	0,0	5,8	3,4	0,2	11,6	0,4
1991	0,1	0,5	0,1	0,0	3,6	1,0	0,1	3,5	5,0	0,6	12,8	3,0	1,5	1,0	0,4	1,0	0,3	4,8	2,1	0,3	0,8	0,0	6,2	3,7	0,3	12,5	0,4
1992	0,1	0,5	0,2	0,0	3,9	1,0	0,1	3,8	5,4	0,6	13,5	3,3	1,6	1,1	0,5	1,0	0,3	5,1	2,3	0,3	0,8	0,0	6,7	4,1	0,3	13,4	0,4
1993	0,2	0,4	0,2	0,0	3,6	0,9	0,1	4,0	5,7	0,7	13,6	3,4	1,7	1,2	0,4	0,8	0,3	5,3	2,5	0,2	0,8	0,0	6,8	4,3	0,3	13,9	0,4
1994	0,1	0,5	0,2	0,0	3,8	1,0	0,1	4,1	5,8	0,7	14,2	3,3	1,7	1,2	0,5	0,9	0,3	5,6	2,7	0,3	0,7	0,0	7,0	4,5	0,2	14,4	0,4
1995	0,1	0,5	0,3	0,0	4,4	1,2	0,1	4,2	6,4	1,1	15,5	3,2	1,9	1,5	0,7	1,1	0,4	6,3	4,2	0,3	0,7	0,0	7,8	4,9	0,4	17,4	0,4
1996	0,1	0,6	0,3	0,0	4,5	1,5	0,1	4,2	7,6	1,1	17,5	2,9	2,0	1,3	0,8	1,6	0,5	6,2	4,4	0,4	1,0	0,0	8,1	5,1	0,5	17,8	0,5
1997	0,1	0,7	0,3	0,0	4,7	1,5	0,1	4,2	7,2	1,2	17,5	2,7	2,0	1,5	0,9	1,5	0,5	6,4	4,7	0,4	1,0	0,0	8,2	5,1	0,5	18,2	0,5
1998	0,2	0,6	0,4	0,0	4,9	1,4	0,1	4,3	7,3	1,3	18,1	2,6	2,1	1,7	0,8	1,4	0,5	6,6	5,2	0,4	1,1	0,0	8,3	5,2	0,6	19,0	0,5
1999	0,2	0,6	0,4	0,0	5,1	1,4	0,1	4,6	7,7	1,4	19,0	2,7	2,6	1,8	0,9	1,4	0,5	7,4	5,5	0,4	1,3	0,0	9,2	6,3	0,6	19,6	0,6
2000	0,2	0,6	0,5	0,0	5,5	1,5	0,1	4,7	8,4	1,6	19,6	3,3	2,9	2,2	1,0	1,6	0,6	7,4	6,0	0,4	1,4	0,0	9,3	5,8	0,6	21,0	0,7
2001	0,4	0,7	0,5	0,0	5,9	1,7	0,1	4,7	9,5	1,8	20,9	4,2	3,7	2,8	1,1	2,0	0,7	8,6	6,4	0,4	1,7	0,1	10,5	7,2	0,7	23,0	0,8
2002	0,5	0,7	0,5	0,0	6,2	1,8	0,1	5,0	10,6	2,2	22,2	4,9	4,7	3,6	1,2	2,2	0,7	9,3	6,6	0,5	2,7	0,0	11,0	7,4	0,7	24,8	1,1
2003	0,5	0,8	0,6	0,0	6,7	1,9	0,1	5,5	11,5	2,4	23,8	5,3	5,4	4,0	1,2	2,2	0,7	10,5	6,7	0,5	2,6	0,1	11,8	8,7	0,8	26,0	1,2
2004	0,6	0,9	0,7	0,1	7,5	2,1	0,1	5,9	13,2	2,9	26,4	6,8	7,6	4,9	1,4	2,5	0,8	12,4	7,6	0,6	3,3	0,1	13,7	10,0	0,9	30,4	1,6
2005	0,5	0,9	0,8	0,0	8,3	2,1	0,2	6,2	13,7	3,0	28,3	6,2	8,0	5,2	1,6	2,9	0,8	14,3	8,5	0,7	3,5	0,1	15,7	12,9	1,1	31,5	1,6
2006	0,6	0,9	0,7	0,0	8,6	2,3	0,2	6,5	13,9	3,3	30,2	6,2	8,7	5,4	1,6	3,7	0,9	15,3	8,8	0,8	3,8	0,1	17,3	13,5	1,3	31,8	1,9
2007	0,7	0,9	0,7	0,0	11,1	2,5	0,2	6,9	14,3	3,2	31,9	6,5	9,3	5,6	1,6	3,8	0,8	15,6	9,1	0,8	4,6	0,1	18,5	15,4	1,4	31,6	1,9
2008	0,7	1,0	0,7	0,0	12,8	2,8	0,2	6,2	16,3	3,2	34,1	6,5	9,0	5,5	1,5	4,0	0,8	17,1	9,1	0,8	4,5	0,1	20,3	17,1	1,4	32,3	1,8
2009	0,6	0,9	0,7	0,0	13,3	2,7	0,3	5,8	16,2	3,2	34,6	8,9	10,1	5,5	1,6	4,2	0,8	19,1	10,8	0,8	4,8	0,1	20,8	17,8	1,5	29,4	1,9
2010	0,8	1,0	0,7	0,0	14,0	2,9	0,3	6,3	17,4	3,4	37,0	9,8	11,4	5,6	1,8	4,5	0,9	20,7	9,4	0,9	5,3	0,1	22,4	18,6	1,6	30,1	2,1
2011	0,9	1,1	0,8	0,0	14,1	3,0	0,3	6,3	18,8	4,1	38,4	10,8	13,9	6,5	2,1	4,8	1,1	21,8	9,5	0,9	5,5	0,1	23,2	18,5	1,9	31,0	2,6
2012	0,9	1,1	0,9	0,0	14,7	3,0	0,4	5,4	19,8	4,2	39,8	15,0	16,0	7,0	1,8	4,0	1,1	22,8	9,8	0,8	6,3	0,2	24,2	18,4	1,9	32,4	2,8
2013	1,4	1,3	1,1	0,0	17,1	3,5	0,5	6,0	25,4	4,6	45,6	20,0	23,5	10,0	1,7	4,1	1,2	25,3	9,6	1,0	9,8	0,2	27,7	19,4	1,9	36,9	4,3
2014	0,9	1,3	0,8	0,0	16,1	3,2	0,4	5,8	21,1	6,6	43,3	14,9	15,9	7,5	1,7	4,6	1,0	24,5	9,3	0,9	6,7	0,2	26,5	19,9	1,9	33,2	3,1
2015	1,0	1,4	0,8	0,0	15,0	3,0	0,4	5,8	20,2	6,6	42,9	14,4	15,6	7,9	1,6	5,5	0,9	25,7	9,0	1,0	6,4	0,2	28,6	21,3	1,9	32,4	3,2
2016	1,2	1,4	0,9	0,0	16,1	3,7	0,9	5,5	18,8	6,3	42,8	14,9	17,7	8,8	1,5	5,5	0,8	29,9	8,7	0,9	7,6	0,2	29,7	22,6	1,8	32,5	3,5

Estimativa das emissões de N₂O nas UF brasileiras para o período entre 1990 e 2016.

Tabela 44. Estimativa das emissões de N₂O (Gg) do subsetor 5.B - Tratamento Biológico de Resíduos Sólidos.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,02	0,26	0,47	0,05	1,00	0,72	0,65	0,25	0,47	0,18	4,10	0,16	0,10	0,25	0,54	1,24	0,08	1,21	3,51	0,48	0,09	0,04	2,14	0,60	0,16	9,87	0,04
1991	0,04	0,33	0,55	0,08	1,19	1,03	0,62	0,36	0,44	0,22	4,08	0,17	0,12	0,29	0,27	1,40	0,11	1,24	3,79	0,66	0,13	0,07	2,39	0,74	0,23	11,25	0,04
1992	0,04	0,43	0,73	0,10	1,35	1,18	0,65	0,43	0,48	0,25	4,47	0,21	0,11	0,42	0,39	1,56	0,14	1,41	3,78	0,78	0,16	0,09	2,59	0,85	0,25	12,65	0,08
1993	0,05	0,43	0,81	0,12	1,36	1,15	0,69	0,52	0,70	0,30	4,83	0,42	0,15	0,49	0,38	1,51	0,13	1,62	3,84	0,78	0,19	0,11	2,81	0,96	0,26	13,81	0,10
1994	0,06	0,46	0,88	0,14	1,78	1,44	0,78	0,55	0,84	0,51	5,22	0,45	0,15	0,54	0,46	1,93	0,18	1,74	4,29	0,93	0,21	0,12	2,93	1,02	0,39	15,19	0,13
1995	0,07	0,56	0,96	0,16	1,68	1,44	0,76	0,58	0,85	0,37	5,38	0,47	0,16	0,60	0,45	1,76	0,16	1,94	4,60	0,86	0,23	0,14	3,08	1,15	0,30	15,93	0,14
1996	0,07	0,59	0,95	0,14	1,75	1,54	0,97	0,56	0,92	0,45	5,68	0,48	0,32	0,63	0,84	1,91	0,29	2,32	4,89	0,79	0,24	0,10	3,13	1,21	0,32	13,23	0,15
1997	0,08	0,70	0,99	0,11	2,21	1,96	0,96	0,61	1,05	0,60	5,10	0,52	0,36	0,58	1,32	2,36	0,33	2,68	5,36	0,98	0,25	0,10	3,12	1,28	0,41	12,31	0,20
1998	0,08	0,75	1,09	0,14	2,36	2,21	1,01	0,63	1,14	0,76	5,49	0,54	0,40	0,67	1,48	2,50	0,37	2,99	5,47	1,01	0,28	0,12	3,08	1,36	0,44	14,80	0,24
1999	0,08	0,74	1,20	0,16	2,09	2,08	1,08	0,68	1,57	0,74	5,81	0,57	0,46	0,80	1,69	2,33	0,38	2,35	5,74	0,94	0,29	0,12	3,11	1,21	0,39	14,02	0,26
2000	0,12	0,73	0,86	0,15	2,68	1,50	0,87	0,99	1,43	0,46	5,37	0,86	0,55	1,30	0,79	1,75	0,41	2,61	6,91	0,61	0,21	0,06	2,66	1,64	0,39	17,88	0,23
2001	0,08	0,87	1,15	0,16	2,76	2,29	1,29	0,80	1,42	1,14	6,59	0,73	0,44	1,01	1,15	2,48	0,46	2,75	7,17	1,09	0,32	0,25	3,07	1,20	0,56	14,36	0,31
2002	0,11	0,92	1,20	0,16	2,99	2,46	1,35	0,92	1,52	1,27	6,92	0,75	0,50	1,19	1,11	2,67	0,48	2,53	7,91	0,99	0,34	0,27	2,99	1,27	0,58	15,50	0,34
2003	0,06	0,77	1,73	0,16	3,61	3,49	1,36	0,93	1,65	2,37	6,65	0,63	0,56	0,71	1,69	3,94	0,48	2,40	9,06	1,46	0,36	0,22	2,54	1,27	0,57	11,86	0,60
2004	0,08	0,70	1,21	0,18	3,46	1,56	1,37	1,08	2,09	2,05	8,06	0,78	0,40	1,03	1,25	3,56	0,33	3,05	10,20	0,97	0,22	0,30	2,62	1,31	1,07	16,12	0,21
2005	0,11	1,23	1,27	0,19	3,41	3,08	1,49	1,06	1,85	1,62	6,58	0,82	0,43	1,31	2,68	3,89	0,65	3,21	10,04	1,14	1,15	0,38	2,93	1,35	0,63	17,86	0,27
2006	0,11	1,73	1,35	0,13	3,38	2,40	1,62	1,04	1,15	1,83	5,65	0,86	0,43	1,20	1,67	4,30	0,47	2,76	10,65	1,16	0,36	0,37	2,99	1,35	0,70	16,10	0,25
2007	0,25	1,68	2,45	0,14	3,37	3,77	1,83	1,15	1,79	1,71	6,47	0,83	0,47	1,41	2,20	3,83	0,98	3,33	9,91	1,06	0,38	0,44	3,15	1,39	0,69	17,25	0,41
2008	0,14	1,65	1,52	0,25	3,79	2,89	2,28	1,05	2,19	4,85	7,83	0,91	0,44	2,15	1,30	3,97	0,50	3,33	10,52	1,01	0,47	0,43	5,33	1,40	0,73	21,08	0,17
2009	0,14	1,31	1,78	0,15	3,42	3,48	2,45	1,19	2,09	1,92	6,98	0,78	0,65	2,17	0,87	3,05	0,81	3,98	7,11	1,23	0,54	0,46	3,80	1,40	0,72	15,71	0,60
2010	0,12	1,37	1,72	0,16	3,26	3,56	2,34	1,13	2,07	0,84	6,68	0,85	0,48	1,46	1,45	2,79	1,40	3,46	6,88	0,63	0,40	0,44	4,14	1,50	0,57	14,27	0,59
2011	0,28	1,43	1,54	0,15	4,41	3,34	2,39	1,60	2,35	2,05	6,20	0,96	0,53	2,48	1,27	3,03	1,23	2,82	7,26	1,49	0,50	0,37	2,42	1,54	0,64	15,54	0,93
2012	0,30	1,51	1,78	0,15	5,25	4,92	1,62	1,28	2,88	2,20	7,08	1,03	0,51	2,75	1,26	3,98	1,44	3,29	8,45	1,37	0,57	0,15	3,01	1,57	0,86	15,82	0,43
2013	0,19	1,85	1,65	0,14	6,52	4,88	2,14	1,83	2,35	1,99	5,22	1,03	0,61	2,71	1,25	4,27	1,38	2,73	8,54	1,85	0,56	0,36	1,67	1,60	0,97	15,22	0,52
2014	0,22	1,53	1,25	0,12	6,03	5,29	1,97	1,32	3,01	2,19	6,69	1,58	0,63	1,95	1,26	4,62	1,44	2,75	9,41	1,85	0,31	0,17	2,69	1,58	0,99	19,21	0,38
2015	0,31	2,68	2,18	0,20	6,71	5,55	1,09	1,74	3,78	3,36	7,38	1,24	1,15	2,89	1,71	4,50	1,69	2,74	9,40	2,07	0,65	0,31	2,84	1,61	1,12	19,18	0,61
2016	0,27	2,00	1,74	0,32	8,13	6,02	1,05	1,35	2,93	2,66	6,87	1,19	1,25	2,64	2,06	5,83	1,71	2,91	8,25	2,22	0,48	0,32	2,72	1,69	1,31	16,74	0,52

Tabela 45. Estimativa das emissões de N₂O (Mg) da categoria 5.C.1 - Incineração de Resíduos.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,01	0,07	0,08	0,09	0,52	0,11	0,07	0,07	0,20	0,20	1,27	0,05	0,07	0,11	0,05	0,27	0,07	0,30	0,36	0,15	0,05	0,01	0,18	0,14	0,05	7,94	0,04
1991	0,01	0,07	0,08	0,09	0,53	0,11	0,07	0,08	0,20	0,21	1,28	0,05	0,07	0,12	0,05	0,27	0,07	0,30	0,36	0,16	0,05	0,01	0,18	0,15	0,05	8,08	0,04
1992	0,01	0,07	0,08	0,09	0,54	0,11	0,07	0,08	0,20	0,21	1,30	0,05	0,07	0,13	0,05	0,28	0,07	0,30	0,36	0,16	0,06	0,01	0,18	0,15	0,05	8,22	0,04
1993	0,01	0,07	0,08	0,09	0,55	0,11	0,07	0,08	0,21	0,21	1,31	0,05	0,08	0,12	0,05	0,28	0,07	0,31	0,37	0,16	0,06	0,01	0,18	0,15	0,05	8,37	0,04
1994	0,01	0,07	0,08	0,10	0,56	0,11	0,08	0,08	0,21	0,22	1,33	0,05	0,08	0,13	0,06	0,28	0,07	0,31	0,37	0,16	0,06	0,01	0,18	0,15	0,05	8,50	0,04
1995	0,01	0,07	0,09	0,10	0,56	0,12	0,08	0,08	0,21	0,22	1,34	0,05	0,08	0,13	0,06	0,29	0,08	0,31	0,37	0,17	0,06	0,01	0,18	0,16	0,05	8,62	0,04
1996	0,01	0,07	0,09	0,12	0,56	0,12	0,08	0,08	0,22	0,22	1,36	0,05	0,08	0,13	0,06	0,29	0,07	0,32	0,38	0,16	0,06	0,01	0,19	0,16	0,05	8,73	0,04
1997	0,01	0,07	0,09	0,12	0,57	0,12	0,08	0,08	0,23	0,22	1,38	0,05	0,08	0,13	0,06	0,29	0,07	0,33	0,38	0,17	0,06	0,01	0,19	0,16	0,06	8,89	0,04
1998	0,01	0,07	0,09	0,13	0,57	0,12	0,08	0,09	0,23	0,23	1,39	0,05	0,08	0,14	0,06	0,29	0,07	0,33	0,39	0,17	0,06	0,01	0,19	0,16	0,06	9,03	0,04
1999	0,01	0,08	0,10	0,13	0,58	0,12	0,09	0,09	0,24	0,23	1,41	0,06	0,08	0,14	0,06	0,29	0,08	0,33	0,39	0,17	0,06	0,01	0,19	0,16	0,06	9,16	0,04
2000	0,01	0,08	0,10	0,15	0,58	0,13	0,09	0,09	0,25	0,24	1,46	0,06	0,09	0,15	0,06	0,31	0,08	0,34	0,41	0,18	0,07	0,01	0,20	0,17	0,06	9,48	0,05
2001	0,02	0,13	0,14	0,15	0,82	0,20	0,10	0,14	0,31	0,33	1,72	0,09	0,13	0,24	0,11	0,39	0,13	0,46	0,59	0,28	0,08	0,02	0,32	0,25	0,10	9,34	0,07
2002	0,03	0,17	0,17	0,14	1,05	0,29	0,10	0,19	0,39	0,43	2,01	0,14	0,18	0,33	0,16	0,48	0,19	0,60	0,79	0,38	0,09	0,03	0,46	0,34	0,14	9,13	0,10
2003	0,04	0,22	0,21	0,14	1,29	0,40	0,10	0,24	0,47	0,54	2,31	0,19	0,24	0,43	0,22	0,58	0,26	0,76	1,01	0,47	0,11	0,03	0,63	0,44	0,18	8,86	0,13
2004	0,05	0,26	0,25	0,13	1,55	0,54	0,11	0,30	0,58	0,67	2,66	0,26	0,31	0,55	0,29	0,70	0,34	0,96	1,25	0,56	0,13	0,04	0,84	0,56	0,23	8,65	0,17
2005	0,06	0,29	0,29	0,12	1,81	0,69	0,11	0,36	0,69	0,80	3,01	0,33	0,38	0,67	0,37	0,82	0,43	1,17	1,49	0,64	0,15	0,04	1,07	0,70	0,28	8,26	0,21
2006	0,08	0,32	0,34	0,11	2,07	0,86	0,11	0,43	0,80	0,94	3,38	0,42	0,47	0,79	0,45	0,95	0,53	1,40	1,75	0,72	0,17	0,03	1,33	0,85	0,33	7,79	0,26
2007	0,09	0,33	0,36	0,08	2,33	1,03	0,11	0,47	0,90	1,06	3,69	0,50	0,55	0,90	0,54	1,08	0,63	1,61	1,98	0,76	0,17	0,02	1,54	0,99	0,36	6,94	0,29
2008	0,10	0,36	0,43	0,06	2,66	1,27	0,15	0,54	1,05	1,24	4,17	0,61	0,66	1,05	0,65	1,25	0,76	1,92	2,30	0,83	0,19	0,01	1,87	1,19	0,42	6,44	0,34
2009	0,11	0,36	0,43	0,06	2,68	1,28	0,16	0,54	1,07	1,25	4,20	0,61	0,67	1,07	0,65	1,26	0,77	1,94	2,32	0,84	0,20	0,01	1,88	1,20	0,42	6,50	0,34
2010	0,11	0,36	0,45	0,07	2,57	1,27	0,16	0,55	1,08	1,30	4,11	0,64	0,68	1,09	0,65	1,26	0,76	1,89	2,32	0,85	0,20	0,01	1,85	1,22	0,43	6,48	0,37
2011	0,11	0,36	0,45	0,07	2,58	1,28	0,16	0,55	1,09	1,31	4,14	0,64	0,69	1,11	0,66	1,27	0,76	1,91	2,33	0,86	0,20	0,01	1,85	1,24	0,44	6,53	0,37
2012	0,12	0,36	0,46	0,07	2,60	1,29	0,16	0,56	1,11	1,32	4,17	0,65	0,69	1,12	0,66	1,28	0,77	1,92	2,35	0,86	0,21	0,01	1,86	1,25	0,44	6,58	0,38
2013	0,12	0,38	0,49	0,07	2,76	1,32	0,17	0,60	1,16	1,34	4,32	0,67	0,71	1,15	0,68	1,32	0,78	1,99	2,37	0,90	0,22	0,01	1,93	1,30	0,46	6,86	0,39
2014	0,12	0,38	0,49	0,07	2,77	1,33	0,17	0,61	1,17	1,35	4,35	0,68	0,72	1,16	0,68	1,32	0,78	2,01	2,38	0,91	0,23	0,01	1,94	1,32	0,46	6,92	0,40
2015	0,12	0,38	0,50	0,08	2,79	1,33	0,18	0,61	1,19	1,36	4,38	0,69	0,73	1,18	0,69	1,33	0,78	2,02	2,40	0,92	0,23	0,01	1,94	1,34	0,47	6,97	0,40
2016	0,13	0,38	0,51	0,08	2,80	1,34	0,18	0,62	1,20	1,37	4,41	0,70	0,74	1,19	0,69	1,34	0,78	2,04	2,41	0,93	0,23	0,01	1,95	1,35	0,47	7,03	0,41

Tabela 46. Estimativa das emissões de N₂O (Mg) da categoria 5.C.2 - Queima de Resíduos a Céu Aberto.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,8	0,7	5,2	0,9	9,7	7,7	1,4	7,4	19,8	16,0	44,7	5,3	4,7	5,9	2,4	4,9	3,8	26,8	35,0	2,7	6,3	1,2	28,9	15,9	1,2	27,6	2,3
1991	0,8	0,9	13,8	0,9	7,0	7,0	1,6	5,2	13,8	11,0	41,2	8,5	3,2	12,7	0,8	4,2	2,3	18,8	35,0	4,2	6,0	1,4	22,1	12,2	1,1	26,8	2,4
1992	1,0	1,4	11,1	1,1	11,2	9,1	1,6	6,3	16,6	15,6	44,1	7,1	3,2	6,5	1,9	6,2	3,6	21,1	32,8	4,3	6,6	1,5	24,5	13,5	1,5	24,8	2,8
1993	1,2	1,7	12,2	1,2	12,7	10,3	1,6	5,8	15,9	17,0	44,8	5,8	2,9	11,8	1,9	7,1	3,8	20,6	32,2	4,8	6,9	1,7	23,8	13,1	1,8	23,6	3,1
1994	1,3	2,2	13,5	1,3	14,0	11,5	1,6	6,0	15,8	18,7	45,3	5,8	2,8	13,3	2,2	7,9	4,3	20,0	30,8	5,1	7,2	1,8	23,0	12,6	1,8	22,7	3,5
1995	1,5	2,6	14,8	1,4	16,3	13,7	1,6	6,2	15,8	22,0	45,7	5,6	2,8	15,0	2,8	9,3	5,0	19,3	29,1	5,7	7,4	2,0	22,6	12,2	2,2	21,8	3,8
1996	1,4	3,1	15,8	1,2	18,0	15,6	1,7	6,4	14,3	27,3	46,1	4,8	5,2	17,9	5,6	10,4	7,4	20,6	27,6	5,4	7,3	1,6	22,3	11,8	2,3	23,8	4,2
1997	1,4	3,7	16,8	1,2	18,7	16,2	1,7	6,6	13,7	28,2	51,0	4,4	5,4	19,3	6,1	10,9	7,9	20,3	26,3	5,4	7,5	1,6	21,9	11,5	2,4	24,3	4,5
1998	1,6	4,3	18,0	1,2	20,7	18,1	1,7	6,8	13,3	31,4	50,9	4,4	5,7	21,4	7,2	12,0	9,0	18,2	25,3	5,7	7,7	1,7	21,3	11,1	2,6	22,1	4,7
1999	1,7	4,9	19,3	1,2	25,6	21,7	1,7	7,0	12,9	37,4	50,6	4,4	6,0	23,5	8,5	14,2	10,9	21,6	21,8	6,5	7,9	1,7	20,7	11,4	3,1	22,0	5,0
2000	2,6	5,6	17,2	1,5	38,7	16,1	1,6	10,3	12,6	22,9	45,6	6,4	7,4	34,7	8,1	14,1	12,4	21,5	19,1	7,5	6,3	0,8	18,1	13,6	4,3	29,3	5,3
2001	1,6	6,2	16,9	1,1	29,5	23,0	1,1	7,6	10,9	37,4	48,7	3,6	5,0	22,8	9,9	16,9	11,3	21,7	16,5	8,9	8,3	3,0	19,1	11,2	4,3	14,3	5,5
2002	1,8	7,0	18,0	1,1	31,4	25,0	1,2	7,4	9,8	40,6	47,7	3,2	5,3	25,3	12,0	18,2	12,5	21,1	11,7	9,7	8,4	3,1	18,4	10,6	4,6	8,1	5,7
2003	0,9	5,9	26,3	1,0	35,7	31,6	0,7	7,0	8,6	34,0	44,0	3,7	6,2	22,6	13,7	20,6	10,9	16,7	11,1	14,7	7,4	2,9	14,1	8,0	4,1	4,1	13,8
2004	1,2	5,8	17,8	0,7	37,1	18,3	1,6	6,9	10,1	61,5	54,8	4,0	4,6	20,1	11,6	19,3	8,6	20,3	12,4	10,2	4,5	3,6	13,6	8,6	8,5	12,6	3,4
2005	1,6	10,9	18,8	1,2	38,5	31,0	1,6	6,1	8,9	43,1	44,5	4,8	5,1	26,5	24,2	21,0	16,5	20,5	10,8	12,6	23,3	4,5	13,9	8,1	4,8	14,1	4,5
2006	1,8	13,1	20,6	0,8	40,5	24,6	1,7	6,4	6,1	47,4	38,1	4,0	5,3	24,4	15,8	23,8	12,0	20,0	7,1	13,5	7,3	4,7	12,4	7,0	5,4	14,0	4,1
2007	3,9	13,0	31,5	0,2	43,0	40,4	1,8	4,6	5,6	44,1	38,8	3,9	5,8	21,5	18,1	22,0	24,5	15,4	7,6	11,8	5,2	3,3	10,0	4,8	4,7	10,5	5,2
2008	2,2	13,2	17,8	0,2	51,3	42,2	2,1	5,2	9,0	117,1	35,7	4,2	5,8	37,7	13,7	23,0	13,1	14,9	8,8	12,8	6,7	3,4	17,4	5,1	4,6	11,7	2,5
2009	2,3	12,2	13,9	0,1	49,2	40,4	2,1	5,2	7,9	48,0	39,8	4,8	7,9	32,6	9,5	17,6	22,0	15,6	4,4	12,7	6,2	4,0	10,9	5,0	4,8	8,2	7,5
2010	1,9	14,0	27,2	1,0	49,5	40,0	1,7	6,8	9,5	24,5	34,1	0,6	7,0	33,3	15,0	17,6	31,3	13,8	7,1	8,3	7,8	5,8	10,7	5,8	4,8	10,9	8,8
2011	3,7	16,3	20,4	0,9	48,2	41,8	0,1	3,9	5,9	44,6	28,5	4,9	7,7	49,9	14,2	24,4	30,7	8,5	3,6	8,9	6,5	2,9	6,4	4,7	6,1	8,8	5,4
2012	4,3	14,4	13,9	0,8	52,9	47,6	0,6	2,1	3,5	68,2	32,4	4,8	7,9	50,0	10,9	29,6	32,3	7,0	2,2	6,4	6,8	1,6	8,0	3,6	5,9	9,1	4,9
2013	2,8	17,5	17,3	0,8	59,5	51,2	1,4	7,9	6,7	54,1	39,1	4,9	10,1	46,8	12,6	30,1	27,0	9,9	0,3	10,8	8,7	3,1	9,8	3,3	7,4	7,5	6,3
2014	4,8	13,9	18,5	1,1	56,6	55,8	1,1	6,6	5,9	59,7	35,7	7,6	10,3	53,7	9,1	33,6	28,2	8,4	0,0	12,3	6,6	2,5	7,1	2,6	7,9	6,8	6,5
2015	3,9	20,3	17,2	1,0	57,2	51,4	0,6	7,2	4,6	78,1	34,4	4,9	7,5	45,6	11,6	28,8	27,1	7,3	0,0	9,7	7,1	2,9	6,6	1,9	7,3	4,9	5,6
2016	3,0	9,9	14,7	0,9	41,9	42,5	0,5	2,2	0,3	39,7	15,5	5,2	7,6	47,8	10,8	22,5	19,3	0,6	0,0	5,4	5,0	2,2	2,6	1,2	3,3	3,7	3,8

Tabela 47. Estimativa das emissões de N₂O (Gg) da categoria 5.D.1 - Tratamento e Despejo de Águas Residuárias Domésticas.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,01	0,08	0,07	0,01	0,40	0,22	0,05	0,08	0,14	0,16	0,53	0,06	0,07	0,17	0,11	0,24	0,09	0,29	0,43	0,08	0,04	0,01	0,31	0,15	0,05	1,06	0,03
1991	0,01	0,09	0,07	0,01	0,41	0,22	0,05	0,09	0,14	0,17	0,54	0,06	0,07	0,17	0,11	0,24	0,09	0,29	0,44	0,08	0,04	0,01	0,31	0,16	0,05	1,08	0,03
1992	0,01	0,09	0,07	0,01	0,41	0,22	0,05	0,09	0,14	0,17	0,55	0,06	0,07	0,18	0,11	0,25	0,09	0,29	0,44	0,08	0,04	0,01	0,32	0,16	0,05	1,10	0,03
1993	0,02	0,09	0,08	0,01	0,42	0,22	0,06	0,09	0,14	0,17	0,55	0,06	0,07	0,18	0,11	0,25	0,09	0,29	0,44	0,08	0,04	0,01	0,32	0,16	0,05	1,12	0,03
1994	0,02	0,09	0,08	0,01	0,42	0,23	0,06	0,09	0,14	0,18	0,56	0,06	0,07	0,18	0,11	0,25	0,09	0,29	0,45	0,08	0,04	0,01	0,33	0,16	0,05	1,14	0,03
1995	0,02	0,09	0,08	0,01	0,43	0,23	0,06	0,09	0,15	0,18	0,57	0,06	0,07	0,19	0,11	0,26	0,09	0,30	0,45	0,08	0,05	0,01	0,33	0,17	0,06	1,16	0,03
1996	0,02	0,09	0,08	0,01	0,42	0,23	0,06	0,09	0,15	0,18	0,57	0,06	0,07	0,19	0,11	0,25	0,09	0,31	0,46	0,08	0,04	0,01	0,33	0,17	0,06	1,17	0,04
1997	0,02	0,09	0,08	0,01	0,43	0,24	0,06	0,09	0,16	0,18	0,58	0,07	0,07	0,19	0,11	0,26	0,09	0,31	0,46	0,08	0,04	0,01	0,34	0,17	0,06	1,19	0,04
1998	0,02	0,09	0,09	0,01	0,43	0,24	0,06	0,09	0,16	0,18	0,59	0,07	0,07	0,20	0,11	0,26	0,09	0,31	0,47	0,08	0,04	0,01	0,34	0,17	0,06	1,21	0,04
1999	0,02	0,09	0,09	0,02	0,43	0,24	0,06	0,09	0,16	0,19	0,59	0,07	0,07	0,20	0,11	0,26	0,09	0,32	0,47	0,08	0,04	0,01	0,34	0,17	0,06	1,23	0,04
2000	0,02	0,10	0,10	0,02	0,43	0,25	0,07	0,09	0,17	0,19	0,61	0,07	0,07	0,21	0,12	0,27	0,10	0,32	0,49	0,08	0,05	0,01	0,35	0,18	0,06	1,27	0,04
2001	0,02	0,10	0,10	0,02	0,44	0,26	0,07	0,10	0,17	0,20	0,62	0,07	0,08	0,22	0,12	0,27	0,10	0,33	0,50	0,09	0,05	0,01	0,35	0,19	0,06	1,29	0,04
2002	0,02	0,10	0,10	0,02	0,44	0,26	0,07	0,10	0,18	0,20	0,63	0,07	0,08	0,22	0,12	0,28	0,10	0,33	0,50	0,09	0,05	0,01	0,36	0,19	0,06	1,31	0,04
2003	0,02	0,10	0,10	0,02	0,44	0,26	0,07	0,10	0,18	0,20	0,63	0,07	0,08	0,23	0,12	0,28	0,10	0,33	0,51	0,09	0,05	0,01	0,36	0,19	0,06	1,33	0,04
2004	0,02	0,10	0,11	0,02	0,45	0,27	0,07	0,10	0,19	0,21	0,65	0,07	0,09	0,24	0,12	0,29	0,10	0,34	0,52	0,09	0,05	0,01	0,37	0,20	0,07	1,37	0,04
2005	0,02	0,10	0,11	0,02	0,46	0,28	0,07	0,10	0,19	0,21	0,66	0,08	0,09	0,24	0,12	0,29	0,10	0,35	0,52	0,09	0,05	0,01	0,37	0,20	0,07	1,39	0,04
2006	0,02	0,10	0,11	0,02	0,46	0,28	0,08	0,10	0,19	0,21	0,66	0,08	0,09	0,24	0,12	0,29	0,10	0,35	0,53	0,10	0,05	0,01	0,38	0,20	0,07	1,41	0,05
2007	0,02	0,10	0,11	0,02	0,47	0,28	0,08	0,10	0,19	0,21	0,65	0,08	0,10	0,24	0,12	0,29	0,10	0,35	0,52	0,09	0,05	0,01	0,36	0,20	0,07	1,37	0,04
2008	0,02	0,11	0,11	0,02	0,48	0,29	0,08	0,11	0,20	0,21	0,68	0,08	0,10	0,25	0,13	0,30	0,11	0,36	0,54	0,10	0,05	0,01	0,37	0,21	0,07	1,41	0,04
2009	0,02	0,11	0,12	0,02	0,50	0,29	0,08	0,12	0,20	0,22	0,67	0,08	0,10	0,26	0,13	0,30	0,11	0,37	0,43	0,11	0,05	0,01	0,37	0,21	0,07	1,42	0,04
2010	0,02	0,11	0,12	0,02	0,48	0,29	0,08	0,12	0,20	0,23	0,65	0,08	0,10	0,26	0,13	0,30	0,11	0,36	0,43	0,11	0,05	0,02	0,37	0,21	0,07	1,42	0,05
2011	0,02	0,11	0,12	0,02	0,48	0,29	0,08	0,12	0,20	0,23	0,66	0,08	0,10	0,26	0,13	0,30	0,11	0,36	0,45	0,11	0,05	0,02	0,37	0,22	0,07	1,43	0,05
2012	0,02	0,11	0,12	0,02	0,48	0,29	0,08	0,12	0,21	0,23	0,66	0,08	0,11	0,27	0,13	0,30	0,11	0,36	0,44	0,11	0,05	0,02	0,37	0,22	0,07	1,44	0,05
2013	0,02	0,11	0,13	0,03	0,51	0,30	0,09	0,13	0,21	0,23	0,68	0,08	0,11	0,27	0,13	0,31	0,11	0,38	0,45	0,12	0,06	0,02	0,38	0,23	0,08	1,50	0,05
2014	0,02	0,11	0,13	0,03	0,52	0,30	0,09	0,13	0,22	0,23	0,69	0,09	0,11	0,28	0,13	0,31	0,11	0,38	0,45	0,12	0,06	0,02	0,38	0,23	0,08	1,51	0,05
2015	0,02	0,11	0,13	0,03	0,52	0,31	0,09	0,13	0,22	0,24	0,69	0,09	0,11	0,28	0,14	0,31	0,11	0,38	0,45	0,12	0,06	0,02	0,39	0,23	0,08	1,52	0,05
2016	0,02	0,11	0,14	0,03	0,52	0,31	0,09	0,13	0,22	0,24	0,70	0,09	0,11	0,28	0,14	0,32	0,11	0,38	0,45	0,12	0,06	0,02	0,39	0,24	0,08	1,53	0,05

Estimativa das emissões de CO₂ nas UF brasileiras para o período entre 1990 e 2016.

Tabela 48. Estimativa das emissões de CO₂ (Gg) da categoria 5.C.1 - Incineração de Resíduos.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	0,0	0,2	0,2	0,3	1,6	0,3	0,2	0,2	0,6	0,6	3,9	0,1	0,2	0,4	0,2	0,8	0,2	0,9	1,1	0,5	0,2	0,0	0,5	0,4	0,1	24,5	0,1
1991	0,0	0,2	0,2	0,3	1,6	0,3	0,2	0,2	0,6	0,6	3,9	0,2	0,2	0,4	0,2	0,8	0,2	0,9	1,1	0,5	0,2	0,0	0,5	0,5	0,2	24,9	0,1
1992	0,0	0,2	0,2	0,3	1,7	0,3	0,2	0,2	0,6	0,6	4,0	0,2	0,2	0,4	0,2	0,9	0,2	0,9	1,1	0,5	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	25,3	0,1
1993	0,0	0,2	0,3	0,3	1,7	0,3	0,2	0,2	0,6	0,7	4,0	0,2	0,2	0,4	0,2	0,9	0,2	0,9	1,1	0,5	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	25,8	0,1
1994	0,0	0,2	0,3	0,3	1,7	0,4	0,2	0,2	0,6	0,7	4,1	0,2	0,2	0,4	0,2	0,9	0,2	1,0	1,1	0,5	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	26,2	0,1
1995	0,0	0,2	0,3	0,3	1,7	0,4	0,2	0,3	0,7	0,7	4,1	0,2	0,2	0,4	0,2	0,9	0,2	1,0	1,2	0,5	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	26,6	0,1
1996	0,0	0,2	0,3	0,4	1,7	0,4	0,2	0,3	0,7	0,7	4,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,9	0,2	1,0	1,2	0,5	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	26,9	0,1
1997	0,0	0,2	0,3	0,4	1,7	0,4	0,3	0,3	0,7	0,7	4,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,9	0,2	1,0	1,2	0,5	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	27,4	0,1
1998	0,0	0,2	0,3	0,4	1,8	0,4	0,3	0,3	0,7	0,7	4,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,9	0,2	1,0	1,2	0,5	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	27,8	0,1
1999	0,0	0,2	0,3	0,4	1,8	0,4	0,3	0,3	0,7	0,7	4,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,9	0,2	1,0	1,2	0,5	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	28,2	0,1
2000	0,0	0,2	0,3	0,5	1,8	0,4	0,3	0,3	0,8	0,7	4,5	0,2	0,3	0,5	0,2	0,9	0,2	1,1	1,2	0,6	0,2	0,0	0,6	0,5	0,2	29,2	0,1
2001	0,1	0,4	0,4	0,5	2,5	0,6	0,3	0,4	1,0	1,0	5,3	0,3	0,4	0,7	0,3	1,2	0,4	1,4	1,8	0,9	0,2	0,1	1,0	0,8	0,3	28,8	0,2
2002	0,1	0,5	0,5	0,4	3,2	0,9	0,3	0,6	1,2	1,3	6,2	0,4	0,6	1,0	0,5	1,5	0,6	1,9	2,4	1,2	0,3	0,1	1,4	1,0	0,4	28,1	0,3
2003	0,1	0,7	0,6	0,4	4,0	1,2	0,3	0,7	1,5	1,7	7,1	0,6	0,7	1,3	0,7	1,8	0,8	2,4	3,1	1,5	0,3	0,1	1,9	1,3	0,6	27,3	0,4
2004	0,1	0,8	0,8	0,4	4,8	1,7	0,3	0,9	1,8	2,1	8,2	0,8	0,9	1,7	0,9	2,1	1,1	3,0	3,8	1,7	0,4	0,1	2,6	1,7	0,7	26,6	0,5
2005	0,2	0,9	0,9	0,4	5,6	2,1	0,3	1,1	2,1	2,5	9,3	1,0	1,2	2,1	1,1	2,5	1,3	3,6	4,6	2,0	0,4	0,1	3,3	2,1	0,9	25,4	0,7
2006	0,2	1,0	1,0	0,3	6,4	2,6	0,3	1,3	2,5	2,9	10,4	1,3	1,4	2,4	1,4	2,9	1,6	4,3	5,4	2,2	0,5	0,1	4,1	2,6	1,0	24,0	0,8
2007	0,3	1,0	1,1	0,3	7,2	3,2	0,3	1,4	2,8	3,3	11,4	1,5	1,7	2,8	1,7	3,3	1,9	5,0	6,1	2,3	0,5	0,1	4,7	3,0	1,1	21,4	0,9
2008	0,3	1,1	1,3	0,2	8,2	3,9	0,5	1,7	3,2	3,8	12,8	1,9	2,0	3,2	2,0	3,8	2,3	5,9	7,1	2,6	0,6	0,0	5,8	3,7	1,3	19,8	1,0
2009	0,3	1,1	1,3	0,2	8,3	3,9	0,5	1,7	3,3	3,9	13,0	1,9	2,1	3,3	2,0	3,9	2,4	6,0	7,1	2,6	0,6	0,0	5,8	3,7	1,3	20,0	1,1
2010	0,3	1,1	1,4	0,2	7,9	3,9	0,5	1,7	3,3	4,0	12,7	2,0	2,1	3,4	2,0	3,9	2,3	5,8	7,1	2,6	0,6	0,0	5,7	3,8	1,3	20,0	1,1
2011	0,4	1,1	1,4	0,2	8,0	3,9	0,5	1,7	3,4	4,0	12,8	2,0	2,1	3,4	2,0	3,9	2,4	5,9	7,2	2,6	0,6	0,0	5,7	3,8	1,3	20,1	1,1
2012	0,4	1,1	1,4	0,2	8,0	4,0	0,5	1,7	3,4	4,1	12,8	2,0	2,1	3,5	2,0	3,9	2,4	5,9	7,2	2,7	0,6	0,0	5,7	3,9	1,4	20,3	1,2
2013	0,4	1,2	1,5	0,2	8,5	4,1	0,5	1,8	3,6	4,1	13,3	2,1	2,2	3,5	2,1	4,1	2,4	6,1	7,3	2,8	0,7	0,0	5,9	4,0	1,4	21,1	1,2
2014	0,4	1,2	1,5	0,2	8,5	4,1	0,5	1,9	3,6	4,2	13,4	2,1	2,2	3,6	2,1	4,1	2,4	6,2	7,3	2,8	0,7	0,0	6,0	4,1	1,4	21,3	1,2
2015	0,4	1,2	1,5	0,2	8,6	4,1	0,5	1,9	3,7	4,2	13,5	2,1	2,2	3,6	2,1	4,1	2,4	6,2	7,4	2,8	0,7	0,0	6,0	4,1	1,4	21,5	1,2
2016	0,4	1,2	1,6	0,2	8,6	4,1	0,6	1,9	3,7	4,2	13,6	2,1	2,3	3,7	2,1	4,1	2,4	6,3	7,4	2,9	0,7	0,0	6,0	4,2	1,5	21,7	1,3

Tabela 49. Estimativa das emissões de CO₂ (Gg) da categoria 5.C.2 - Queima de Resíduos a Céu Aberto.

Ano	AC	AL	AM	AP	BA	CE	DF	ES	GO	MA	MG	MS	MT	PA	PB	PE	PI	PR	RJ	RN	RO	RR	RS	SC	SE	SP	TO
1990	1,4	1,2	8,8	1,6	16,2	12,8	1,4	12,8	20,3	26,8	93,9	5,4	4,8	9,9	4,0	8,2	6,3	44,9	74,2	4,5	10,5	2,0	48,5	26,7	2,0	41,8	3,9
1991	1,6	1,8	27,6	1,8	14,1	13,9	1,6	11,0	13,8	22,1	88,8	8,5	3,2	25,5	1,5	8,4	4,6	33,1	76,1	8,4	12,1	2,7	37,4	21,3	2,3	56,3	4,8
1992	1,7	2,8	18,8	1,9	22,8	18,5	1,6	13,9	16,2	31,8	86,6	6,9	3,1	11,0	3,8	12,6	7,3	38,6	77,4	8,7	11,1	2,6	39,9	24,2	3,1	53,4	4,7
1993	2,0	2,4	21,7	2,1	17,6	14,2	1,5	8,3	15,8	23,5	80,9	6,8	2,9	20,9	2,6	9,8	5,3	39,5	74,6	6,6	12,2	3,0	36,8	24,2	2,4	52,0	5,6
1994	2,4	3,2	24,9	2,4	22,0	18,1	1,5	9,0	16,4	29,5	73,9	8,3	2,9	24,6	3,5	12,5	6,7	40,0	78,7	8,0	13,2	3,4	35,2	22,0	3,2	51,1	6,4
1995	2,9	4,0	28,4	2,7	25,2	21,2	1,4	9,7	17,0	33,9	66,6	9,7	3,0	28,7	4,3	14,4	7,8	40,3	73,8	8,8	14,3	3,7	37,8	22,8	3,3	49,9	7,3
1996	2,7	5,1	31,4	2,3	29,3	25,3	1,5	10,4	15,9	44,3	103,8	9,6	5,8	35,5	9,1	16,9	12,0	44,7	70,8	8,8	14,5	3,1	40,9	23,6	3,7	60,0	8,3
1997	3,0	6,3	34,5	2,4	34,0	29,4	1,5	11,2	15,8	51,2	85,5	9,9	6,2	39,8	12,0	19,7	14,3	45,9	71,8	9,8	15,5	3,4	42,9	24,1	4,4	86,3	9,2
1998	3,3	8,3	38,3	2,5	40,8	35,6	1,4	11,9	15,5	61,8	88,4	10,6	6,6	45,4	14,6	23,7	17,6	43,0	71,0	11,3	16,4	3,5	42,5	23,9	5,2	81,1	10,1
1999	3,7	10,7	42,3	2,6	72,6	56,0	1,4	12,6	15,1	96,7	91,0	11,3	7,0	51,5	17,1	36,7	28,2	43,1	71,1	16,7	17,3	3,7	41,4	22,7	8,0	70,9	10,9
2000	5,8	13,5	38,9	3,4	104,9	41,4	1,2	19,2	14,9	58,8	84,7	17,6	8,7	78,3	20,7	36,1	31,8	43,2	56,9	17,0	14,3	1,9	36,3	27,3	11,1	79,7	12,0
2001	3,8	16,5	39,2	2,5	76,0	57,4	0,8	14,4	13,0	93,4	93,2	10,4	6,0	53,1	24,8	42,3	28,2	63,9	54,4	19,0	19,2	7,0	38,3	30,8	10,7	39,2	12,7
2002	4,3	20,0	43,0	2,6	76,9	65,7	0,8	21,1	13,5	106,4	94,3	9,6	13,0	60,5	46,1	47,8	32,9	48,0	35,4	22,4	20,0	7,4	37,1	28,3	12,0	22,4	13,5
2003	2,1	18,4	65,1	1,5	82,6	70,9	0,5	20,3	12,0	83,6	89,0	11,3	15,6	34,2	30,7	31,4	24,6	36,4	36,6	34,3	20,8	9,1	28,8	23,0	9,2	11,2	52,5
2004	3,1	19,3	44,8	1,6	93,5	24,3	1,0	18,9	23,2	127,0	115,9	12,4	11,4	34,6	24,0	29,0	17,8	47,1	34,5	23,9	11,2	9,1	28,6	24,8	17,5	34,5	8,6
2005	4,2	38,9	48,4	3,2	104,8	77,8	1,0	16,7	13,6	108,1	91,8	14,9	12,6	68,3	60,7	31,1	41,5	46,5	30,3	29,9	60,1	11,6	29,0	23,6	12,1	38,3	11,6
2006	4,5	32,4	54,3	2,2	118,3	59,6	1,0	16,7	8,4	115,0	79,4	12,8	13,0	60,0	38,5	34,8	29,0	47,2	19,1	32,2	18,6	12,1	25,9	20,5	13,1	36,6	10,6
2007	10,5	32,3	85,3	0,5	134,1	101,8	1,0	13,0	7,5	111,2	80,5	12,6	14,5	58,2	4,5	31,7	61,8	37,3	23,2	28,1	14,1	8,9	22,7	14,1	11,8	28,8	14,0
2008	6,0	32,8	49,3	0,4	169,8	102,8	1,1	14,7	11,9	307,6	76,8	13,6	14,4	104,1	36,0	32,7	34,3	34,1	28,5	31,0	18,4	9,3	36,4	15,1	12,1	31,7	6,8
2009	6,5	29,1	39,3	0,3	172,3	109,3	1,0	16,6	7,1	130,1	84,4	4,3	19,5	92,1	25,7	24,8	59,7	35,9	15,3	31,0	17,5	11,2	22,9	14,7	13,0	19,5	21,0
2010	5,5	34,1	78,5	2,8	179,8	96,1	0,8	20,3	8,1	58,9	90,0	0,5	17,4	95,9	36,1	32,9	75,3	32,0	22,1	20,5	22,4	16,7	22,5	17,3	15,4	25,9	25,5
2011	10,7	42,5	60,1	2,6	120,5	104,5	0,0	10,8	4,9	68,9	78,7	4,1	19,3	142,8	35,6	60,9	76,6	25,5	10,1	22,3	18,5	8,4	19,2	14,1	18,2	22,2	10,9
2012	9,9	39,1	31,8	1,7	142,2	88,5	0,3	6,1	6,0	183,4	95,2	5,1	19,9	114,7	15,4	79,6	87,0	14,3	6,7	17,1	15,5	3,8	18,3	10,9	15,8	22,0	11,2
2013	6,8	49,1	42,5	2,0	128,2	138,3	0,5	25,5	5,2	146,0	62,0	3,8	25,2	115,1	33,9	81,2	72,9	30,1	0,8	29,2	21,5	7,7	30,0	10,1	20,0	20,3	15,5
2014	8,1	40,4	31,1	1,8	164,2	161,8	0,4	22,8	16,5	173,2	122,8	5,8	25,3	90,2	26,5	97,4	81,7	25,0	0,0	35,6	11,2	4,2	21,1	7,7	23,0	14,8	10,9
2015	5,6	52,5	24,5	1,5	147,9	133,1	0,2	15,7	14,2	202,0	75,0	1,5	2,3	65,0	30,0	74,6	70,0	22,4	0,0	25,1	10,1	4,1	20,4	5,9	18,9	10,8	8,0
2016	2,0	15,7	10,2	0,7	66,5	67,4	0,1	1,6	0,1	63,0	10,7	1,4	2,0	32,9	17,2	35,7	30,7	1,8	0,0	8,5	3,4	1,5	8,0	3,7	5,2	2,6	2,6