

IMPLEMENTANDO ESFORÇOS EM NÍVEL ESTADUAL PARA O ALCANCE DA NDC BRASILEIRA

DEZEMBRO, 2021

Implementando esforços em nível estadual para o alcance da NDC brasileira

AUTORIA

Centro Brasil no Clima

Guilherme Rodrigues Lima

Fernanda Rabello Tannure Gonzalez

Centro Clima/COPPE/UFRJ

Emilio Lèbre La Rovere

Carolina Burle Schmidt Dubeux

Bruna Silveira Guimarães

Erika Carvalho Nogueira

Dezembro de 2021

COPYRIGHT®

Esta publicação pode ser reproduzida na totalidade ou parcialmente com finalidades educacionais e/ou sem fins lucrativos sem necessidade de permissão especial do proprietário dos direitos autorais, desde que citada a fonte. Solicitamos que o Centro Brasil no Clima (CBC) e a UNEP DTU Partnership recebam uma cópia de qualquer publicação que use as informações contidas neste documento. Esta publicação não deverá ser utilizada para venda ou qualquer outra finalidade comercial sem autorização prévia dos autores.

DISCLAIMER

Esta publicação foi preparada como parte de um projeto apoiado pela Iniciativa pela Transparência na Ação Climática (ICAT) e implementado pela UNEP DTU Partnership (UDP). As opiniões aqui expressas são de responsabilidade dos autores e não necessariamente refletem a opinião da UDP.

PUBLICADO POR

Centro Brasil no Clima

APOIO

A Iniciativa pela Transparência na Ação Climática (ICAT) é mantida pelo Ministério do Meio Ambiente, Conservação da Natureza, Edificações e Segurança Nuclear da Alemanha, a Fundação Fundo de Investimento para as Crianças (CIFF), o Ministério do Meio Ambiente e Proteção Terrestre e Marinha da Itália, e a ClimateWorks.



O Projeto ICAT é hospedado pelo Escritório das Nações Unidas de Serviços para Projetos.



AGRADECIMENTOS

Os autores e autoras agradecem as contribuições imprescindíveis da UNEP DTU (Fateme Bakhtiari, Denis Desgain), da Secretaria do Meio Ambiente do Amazonas (Francisco Itamar), da Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (Larissa Assunção) e da Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (Telmo Borges).

Sumário

1	Introdução.....	10
2	Notas metodológicas	13
2.1	Estrutura de análise das emissões de GEE	13
2.2	Cenário de referência e premissas gerais acerca dos cenários de mitigação para os estados do Amazonas, Minas Gerais e Rio de Janeiro	14
3	Estado do Amazonas.....	17
3.1	Avaliação das emissões setoriais históricas do estado.....	18
3.1.1	Agricultura, florestas e outros usos do solo	20
3.1.2	Energia.....	22
3.1.3	Indústria (processos industriais e uso de produto – IPPU).....	25
3.1.4	Resíduos.....	26
3.2	Cenários para a trajetória de emissões.....	27
3.2.1	Agricultura, Florestas e outros usos do solo	28
3.2.2	Transporte	32
3.2.3	Indústria	34
3.2.4	Outros setores de uso de energia.....	36
3.2.5	Oferta de energia	38
3.2.6	Resíduos.....	39
3.3	Indicadores de MRV	41
3.4	Síntese do estado do Amazonas.....	46
4	Estado de Minas Gerais.....	49
4.1	Avaliação das emissões setoriais históricas do estado.....	50
4.1.1	Agricultura, florestas e outros usos do solo	52
4.1.2	Energia.....	53
4.1.3	Indústria (processos industriais e uso de produto – IPPU).....	55
4.1.4	Resíduos.....	56
4.2	Cenários para a trajetória de emissões do estado.....	57

4.2.1	Agricultura, florestas e outros usos do solo	59
4.2.2	Transporte	63
4.2.3	Indústria	64
4.2.4	Outros setores de uso de energia	66
4.2.5	Oferta de energia	68
4.2.6	Resíduos	70
4.3	Indicadores de MRV	72
4.4	Síntese do estado de Minas Gerais	77
5	Estado do Rio de Janeiro	80
5.1	Avaliação das emissões setoriais históricas do estado	81
5.1.1	Agricultura, florestas e outros usos do solo	84
5.1.2	Energia	86
5.1.3	Indústria (IPPU e uso de energia)	87
5.1.4	Resíduos	88
5.2	Cenários para a trajetória de emissões do estado	89
5.2.1	Agricultura, florestas e outros usos do solo	91
5.2.2	Transporte	94
5.2.3	Indústria	96
5.2.4	Outros setores de uso de energia	98
5.2.5	Oferta de energia	99
5.2.6	Resíduos	101
5.3	Indicadores de MRV	103
5.4	Síntese do estado do Rio de Janeiro	108
6	Conclusão	111

Tabelas

Tabela 01 - Gases do Efeito Estufa contabilizados no estado do Amazonas, por setor.....	18
Tabela 02 - Emissões históricas do estado do Amazonas por setor (Mt CO ₂ e)	19
Tabela 03 - Emissões históricas do setor AFOLU no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	21
Tabela 04 - Emissões históricas do setor de energia do estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	23
Tabela 05 - Emissões históricas dos modais de transporte do estado do Amazonas (Mt CO ₂)..	24
Tabela 06 - Emissões históricas do setor de IPPU do estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	26
Tabela 07 - Emissões históricas do setor de resíduos do estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	26
Tabela 08 - Emissões projetadas no estado do Amazonas por setor (Mt CO ₂ e)	27
Tabela 09 - Emissões projetadas no setor AFOLU do estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	29
Tabela 10 - Emissões projetadas de LULUCF no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	31
Tabela 11 - Emissões projetadas da agropecuária estado do Amazonas (Mt CO ₂ e)	32
Tabela 12 - Emissões projetadas do setor de transportes no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e) 33	
Tabela 13 - Emissões projetadas do setor industrial no Amazonas (Mt CO ₂ e)	35
Tabela 14 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	37
Tabela 15 - Emissões projetadas da oferta de energia no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e)	38
Tabela 16 - Emissões projetadas do setor de resíduos no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	40
Tabela 17 - Emissões e indicadores econômicos do estado do Amazonas – Cenários de Referência e Mitigação	42
Tabela 18 - Gases do Efeito Estufa contabilizados no estado de Minas Gerais, por setor	51
Tabela 19 - Emissões históricas do estado de Minas Gerais por setor (Mt CO ₂ e).....	51
Tabela 20 - Emissões históricas do setor AFOLU no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e).....	53
Tabela 21 - Emissões históricas do setor de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e)	54
Tabela 22 - Emissões históricas do setor de IPPU no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e)	56
Tabela 23 - Emissões históricas do setor de resíduos no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e) ...	56
Tabela 24 - Emissões projetadas no estado de Minas Gerais por setor entre 2005 e 2030 (Mt CO ₂ e).....	58

Tabela 25 - Emissões projetadas no setor AFOLU do estado de Minas Gerais (Mt CO2e)	59
Tabela 26 - Emissões projetadas de LULUCF do estado de Minas Gerais (Mt CO2e)	61
Tabela 27 - Emissões projetadas da agropecuária do estado de Minas Gerais (Mt CO2e).....	62
Tabela 28 - Emissões projetadas do setor de transportes no estado de Minas Gerais (Mt CO2e).....	64
Tabela 29 - Emissões projetadas do setor industrial no estado de Minas Gerais (Mt CO2e)	65
Tabela 30 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO2e).....	67
Tabela 31 - Emissões projetadas da oferta de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO2e)..	69
Tabela 32 - Emissões projetadas do setor de resíduos no estado de Minas Gerais (Mt CO2e)..	71
Tabela 33 - Emissões e indicadores econômicos do estado de Minas Gerais – Cenários de Referência e Mitigação	73
Tabela 34 - Gases do Efeito Estufa contabilizados no estado do Rio de Janeiro, por setor	82
Tabela 35 - Emissões históricas do estado do Rio de Janeiro por setor (Mt CO2e)	83
Tabela 36 - Emissões do setor AFOLU no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e)	85
Tabela 37 - Emissões do setor de oferta de energia no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e).....	86
Tabela 38 - Emissões de combustíveis usados no setor de transportes no estado do Rio de Janeiro em 2015 (Mt CO2e)	87
Tabela 39 - Emissões do setor industrial no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e)	88
Tabela 40 - Emissões do setor de resíduos do estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e)	89
Tabela 41 - Emissões projetadas no estado do Rio de Janeiro por setor entre 2005 e 2030 (Mt CO2e).....	90
Tabela 42 - Emissões projetadas do setor AFOLU no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e)	92
Tabela 43 - Emissões projetadas de LULUCF no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e).....	93
Tabela 44 - Emissões projetadas da agropecuária no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e)	94
Tabela 45 - Emissões projetadas de transportes no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e)	95
Tabela 46 - Emissões projetadas da indústria no estado Rio de Janeiro (Mt CO2e).....	97
Tabela 47 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado Rio de Janeiro (Mt CO2e).....	98
Tabela 48 - Emissões projetadas de oferta de energia no estado Rio de Janeiro (Mt CO2e)...	100

Tabela 49 - Emissões projetadas do setor de resíduos no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e).....	102
Tabela 50 - Emissões e indicadores econômicos do estado do Rio de Janeiro – Cenários de Referência e Mitigação	104

Figuras

Figura 01 - Emissões do estado do Amazonas por setor no período 2005-2018 (Mt CO ₂ e).....	20
Figura 02 - Emissões históricas do setor AFOLU do estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	22
Figura 03 - Emissões históricas do setor de energia do estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	23
Figura 04 - Emissões históricas da geração elétrica por fontes de energia no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e)	24
Figura 05 - Emissões históricas do uso de energia nos subsetores da indústria do estado do Amazonas (Mt CO ₂ e)	25
Figura 06 - Emissões projetadas no estado do Amazonas por setor entre 2005 e 2030 (Mt CO ₂ e).....	28
Figura 07 - Emissões projetadas do setor AFOLU no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	29
Figura 08 - Emissões projetadas do setor de transportes no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	34
Figura 09 - Emissões projetadas do setor industrial no Amazonas (Mt CO ₂ e).....	36
Figura 10 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	37
Figura 11 - Emissões projetadas da oferta de energia no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e)	39
Figura 12 - Emissões projetadas do setor de resíduos no estado do Amazonas (Mt CO ₂ e).....	40
Figura 13 - Emissões históricas do estado de Minas Gerais por setor (Mt CO ₂ e).....	52
Figura 14 - Emissões históricas do setor AFOLU no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e).....	53
Figura 15 - Emissões projetadas no estado de Minas Gerais por setor entre 2005 e 2030 (Mt CO ₂ e).....	58
Figura 16 - Emissões projetadas no setor AFOLU do estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e)	60
Figura 17 - Emissões projetadas do setor de transportes no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e).....	64
Figura 18 - Emissões projetadas do setor industrial no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e)	66
Figura 19 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e).....	68
Figura 20 - Emissões projetadas da oferta de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e)...	69

Figura 21 - Emissões do setor de resíduos por subsetor – estado de Minas Gerais (Mt CO ₂ e).....	71
Figura 22 - Emissões históricas do estado do Rio de Janeiro por setor (Mt CO ₂ e).....	84
Figura 23 - Emissões históricas do setor AFOLU no estado do Rio de Janeiro (Mt CO ₂ e)	85
Figura 24 - Emissões projetadas no estado do Rio de Janeiro por setor entre 2005 e 2030 (CO ₂ e).....	91
Figura 25 - Emissões projetadas no setor AFOLU do estado do Rio de Janeiro (Mt CO ₂ e)	92
Figura 26 - Emissões projetadas de transportes no estado do Rio de Janeiro (Mt CO ₂ e)	96
Figura 27 - Emissões projetadas da indústria no estado Rio de Janeiro (Mt CO ₂ e).....	97
Figura 28 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado do Rio de Janeiro (Mt CO ₂ e)	99
Figura 29 - Emissões projetadas de oferta de energia no estado do Rio de Janeiro (Mt CO ₂ e).....	101
Figura 30 - Emissões projetadas do setor de resíduos no estado do Rio de Janeiro (Mt CO ₂ e).....	102

1 Introdução

O Centro Brasil no Clima (CBC), com apoio técnico do Centro Clima (Coppe/UFRJ), iniciou em 2018 o projeto ICAT Brasil, financiado pela Iniciativa pela Transparência na Ação Climática (ICAT) e implementado no Brasil pela UNEP DTU Partnership (UDP). O objetivo central do projeto foi estabelecer indicadores de monitoramento para a implementação da NDC brasileira. Os indicadores resultantes do trabalho realizado neste projeto são um passo inicial para a consolidação de um processo robusto e transparente de monitoramento, reporte e verificação (MRV), capaz de avaliar as ações que levarão ao cumprimento das metas de mitigação da NDC brasileira.

A segunda fase do projeto, *Implementando esforços em nível estadual para o alcance da NDC brasileira*, iniciada em fevereiro de 2020, tem como foco envolver governos subnacionais nos compromissos da NDC, priorizando o desenvolvimento de suas ações e suas capacidades no âmbito estadual. O principal objetivo é desenvolver uma estratégia para assessorar e estimular os estados brasileiros a contribuir para que o Brasil consiga alcançar as metas de sua NDC. O projeto é realizado com três “estados-pilotos” (Amazonas, Minas Gerais e Rio de Janeiro) para que, juntamente com seu corpo técnico e mediante um processo participativo, possa apresentar propostas e elaborar relatórios técnicos que auxiliem os estados na estimativa do seu potencial de contribuição para a NDC, no estabelecimento de metas estaduais e setoriais de mitigação e no desenvolvimento de um sistema de MRV para monitorar suas trajetórias de emissões.

A escolha dos três estados para participarem desta fase levou em consideração o perfil de emissões de cada um. O estado do Amazonas tem como principal fonte de emissões brutas o setor AFOLU, que é historicamente o setor responsável pela maior parte das emissões também no país. No estado do Rio de Janeiro, o setor mais relevante para as emissões é o de energia, o qual ganhou importância também nas emissões do país como um todo nas últimas duas décadas. No estado de Minas Gerais a agropecuária figura como principal fonte de emissões, embora outros setores, como energia e indústria, possuam importância no total do estado, de modo que o estado apresenta um perfil diversificado de emissões. Portanto, a escolha dos estados buscou compor

um grupo que seja representativo do conjunto das unidades da federação, de modo que o conjunto de indicadores propostos no estudo possam ser replicados nos demais estados.

Como parte do projeto, foram elaborados estudos que analisam as emissões setoriais, elaboram cenários tendenciais e de mitigação e propõem indicadores de MRV para acompanhar as ações de mitigação nos estados. A metodologia de elaboração de cenários foi utilizada no projeto, pois permite mapear diferentes trajetórias de emissões de GEE. Esses cenários são simulações de futuros possíveis que resultam da combinação de tendências e políticas e fornecem sugestões sobre oportunidades e riscos envolvidos na tomada de decisão sobre melhores políticas climáticas a serem implementadas no médio e longo prazo. Foram elaborados quatro relatórios técnicos como fruto dessas avaliações:

- Avaliação das emissões históricas do estado e suas tendências
- Avaliação da tendência atual de emissões até 2030
- Avaliação das ações de mitigação que podem ser implementadas no estado e elaboração de um cenário para 2030
- Elaboração de um sistema de MRV para acompanhar as ações de mitigação propostas

O primeiro relatório apresentou uma avaliação das emissões setoriais históricas dos três estados com base em informações disponíveis nos inventários estaduais de emissões, nos casos de Minas Gerais e Rio de Janeiro, e no Sistema de Estimativas de Gases do Efeito Estufa (SEEG), no caso do Amazonas. Desta forma, embora tenha ocorrido um esforço para padronizar as informações para os três estados, a abordagem utilizada em cada um deles foi adaptada às especificidades das informações disponíveis.

O segundo relatório, contendo a avaliação das tendências atuais de emissões (Cenário de Referência), considerou compromissos pré-NDC e medidas de mitigação atualmente em curso nos estados. Essa avaliação permitiu que sejam feitas hipóteses realistas quanto a uma linha de base para as emissões em 2025 e 2030 e sobre os esforços necessários para o alcance das metas da NDC. Em seguida, no relatório contendo o Cenário de Mitigação foi avaliado um conjunto de ações

com maior ambição climática que poderiam ser implementadas nos estados e seus impactos sobre o nível de emissões. Por fim, o último relatório técnico do projeto apresentou uma consolidação dos indicadores de MRV e a sua trajetória de evolução nos cenários elaborados. Foram propostos dois tipos de indicadores: i) os indicadores de emissões absolutas, que apresentam o montante de emissões de GEE em termos de CO₂ equivalente; e ii) os indicadores de intensidade de emissões, que indicam a razão entre as emissões absolutas e outras variáveis de interesse, como população e PIB. Para cada um dos três estados-pilotos foram compilados os indicadores relevantes em cada setor de análise.

Além desse trabalho técnico de avaliação das ações de mitigação, o Projeto ICAT contou com um eixo de conscientização e engajamento dos estados na agenda climática. Como parte desse eixo, o CBC organizou workshops com o objetivo de capacitar os estados parceiros, apresentando conceitos e instrumentos relacionados à agenda climática, e promover a participação de atores no nível subnacional na elaboração dos estudos, tanto para o fornecimento insumos para a identificação das oportunidades de mitigação, quanto para a validação dos cenários que serão construídos.

Este relatório apresenta uma síntese dos relatórios elaborados no projeto, tendo como objetivo principal tornar os resultados acessíveis tanto para as equipes técnicas dos estados quanto para outros grupos de interesse, de modo que possa contribuir efetivamente para a elaboração de políticas climáticas. Após esta introdução, o Capítulo 2 traz algumas notas sobre a metodologia utilizada no projeto. Em seguida, os resultados são apresentados para cada um dos três estados na seguinte ordem: Amazonas (Capítulo 3); Minas Gerais (Capítulo 4); e Rio de Janeiro (Capítulo 5). Dentro do capítulo de cada estado há uma análise sobre o perfil de emissões históricas em cada um dos setores e a apresentação dos resultados dos cenários de referência e de mitigação. Por fim, ao final do relatório são feitas algumas considerações finais sobre o estudo.

2 Notas metodológicas

Nesta seção são apresentadas algumas explicações com relação à metodologia adotada no projeto para a análise das emissões de GEE e elaboração dos cenários de emissões. Explicações complementares são feitas na seção referente a cada estado quando necessário.

2.1 Estrutura de análise das emissões de GEE

A análise das emissões de GEE dos estados se baseou na metodologia do IPCC (2006), a qual utiliza quatro setores e foi adotada para a análise das emissões setoriais históricas. Os quatro setores do IPCC e suas descrições estão listados a seguir:

1. **Energia** - emissões provenientes do consumo de combustíveis nos setores de transformação de energia, residencial, comercial, público, agrícola, transportes, industrial e emissões fugitivas da indústria de petróleo e gás;
2. **Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU)** - emissões dos processos produtivos nas indústrias e que não são decorrentes do uso energético de combustíveis. O cimento é o segmento considerado no estado do Amazonas;
3. **Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU)** - emissões e remoções resultantes de variações na quantidade de biomassa em áreas com vegetação. Emissões devido à fermentação entérica do gado, manejo de dejetos, solos agrícolas e queima de resíduos florestais; e
4. **Resíduos** - emissões provenientes da disposição de resíduos sólidos urbanos e de saúde e do tratamento de efluentes líquidos urbano e industrial.

Contudo, para a elaboração dos cenários de referência e de mitigação foi realizada uma adaptação no que se refere ao setor de energia. Este setor foi desmembrado em quatro categorias: oferta de energia, uso de energia na indústria, uso de energia nos transportes, e outros setores de uso de energia. A categoria de uso de energia na indústria foi combinada com o setor de processos industriais e uso de produtos (IPPU), formando assim o setor industrial. Desta forma, a estrutura de análise para a elaboração dos cenários contém os seguintes setores:

- i) AFOLU
- ii) Transporte (uso de energia)
- iii) Indústria (uso de energia + IPPU)
- iv) Outros setores de uso de energia (residencial, comercial, público e agrícola)
- v) Oferta de energia
- vi) Resíduos

2.2 Cenário de referência e premissas gerais acerca dos cenários de mitigação para os estados do Amazonas, Minas Gerais e Rio de Janeiro

Os relatórios dos inventários de emissões realizados pelos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais fornecem as informações relacionadas às emissões históricas de GEE por setor, as quais são utilizadas como base para as estimativas. Em relação ao estado do Amazonas, os valores são provenientes do banco de dados do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Os dados históricos dos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Amazonas abrangem os períodos de, respectivamente, 2005-2015, 2005-2014 e 2005-2018.

O cenário de referência avalia as tendências atuais das emissões destes estados até 2030, considerando os compromissos brasileiros pré-NDC com a UNFCCC e as ações de mitigação atuais. Além dos dados históricos de emissões, a avaliação fez uso das taxas de crescimento das emissões de cada setor econômico no Brasil, incluindo nos cenários as ponderações quanto aos impactos econômicos oriundos da recessão brasileira mais severa da história, que ocorreu entre 2015 e 2020, devido a uma crise político-econômica e à pandemia de COVID-19.

O cenário de mitigação avalia as ações de mitigação que poderiam ser implementadas nos três estados selecionados além das que estão em prática atualmente. Estas medidas de mitigação de GEE são baseadas nas premissas do Cenário C do Projeto ICAT Brasil fase 1 (ICAT 1). A metodologia do projeto ICAT 1 inicia com a estimativa de um cenário de linha de base (Cenário A – cenário de referência), de modo a representar as tendências de emissão atuais no país até 2030. Em seguida, as ações de mitigação necessárias para cumprir as metas da NDC são agrupadas em outros dois cenários (Cenários B e C), com emissões estimadas até 2030.

O Cenário A (Cenário de referência) foi baseado nas tendências atuais de emissão de GEE, incluindo todas as políticas e medidas implementadas pelo Brasil, representando o nível mais provável de emissões que o país alcançaria se a implementação das medidas de mitigação seguisse o caminho atual.

O Cenário B (Cenário AFOLU) incluiu o alcance das metas de mitigação para 2025 e 2030, conforme o compromisso da NDC, além de englobar diversas ações de mitigação propostas pelo Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas (FBMC), com destaque para o setor AFOLU.

O Cenário C (Cenário Balanceado) também atinge as metas de mitigação para 2025 e 2030 conforme o compromisso da NDC, além de incluir outro conjunto de ações de mitigação propostas pelo FBMC, com uma redução substancial das emissões de outros setores que não AFOLU.

An aerial photograph of a vast mangrove forest. A winding river or canal cuts through the dense green vegetation. In the distance, a city with various buildings and infrastructure is visible on the horizon. The sky is filled with large, white, fluffy clouds against a blue background.

AMAZONAS

3 Estado do Amazonas

O estado do Amazonas ocupa a 3ª colocação no país em termos de emissões de gases do efeito estufa, sendo o setor de mudança no uso da terra e florestas (AFOLU) responsável por quase 90% do total de emissões do estado (SEEG, 2020). Desta forma, o Amazonas foi selecionado como estado-piloto para esta segunda fase do Projeto ICAT por ser representativo de estados com um perfil de emissões de GEE com predominância desse setor, que é a principal fonte de emissões no país.

Ao longo dos anos o Amazonas vem cada vez mais se engajando na agenda climática. Em 2007 o estado instituiu a sua Política Estadual de Mudanças Climáticas, Conservação Ambiental e Desenvolvimento Sustentável (PEMC-AM, Lei nº 3.135/07), na qual os principais objetivos são criar programas e incentivos que promovam a mitigação de emissões de gases de efeito estufa e medidas de adaptação no estado. Em 2009, o estado criou o Fórum Amazonense de Mudança Climática, Biodiversidade e Serviços Ambientais (FAMC), com três câmaras temáticas: i) uso da terra, florestas e serviços ambientais; ii) energia; e iii) adaptação e mitigação de das alterações climáticas.

Em 2015, ano em que foram lançados os compromissos da NDC brasileira, o estado do Amazonas, através da Lei nº 4.266/2015, instituiu a Política do Estado do Amazonas sobre Serviços Ambientais e o Sistema de Gestão de Serviços Ambientais, além de criar o Fundo Estadual de Mudanças Climáticas, Conservação Ambiental e Serviços Ambientais. O objetivo dessa lei é reduzir as emissões estaduais de GEE de forma progressiva e consistente e promover a manutenção de longo prazo dos estoques de carbono existentes, com vistas ao cumprimento da meta voluntária estadual de redução das emissões por desmatamento e degradação florestal por critérios socioambientais.

Desde o início, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) esteve engajada no desenvolvimento do projeto, abrindo espaço para discussão nas reuniões do FAMC e contribuindo na realização dos workshops do projeto.

3.1 Avaliação das emissões setoriais históricas do estado

O estado do Amazonas não possui ainda um inventário estadual de emissões de GEE. Para a análise das emissões do estado foram utilizados dados disponíveis no Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG) para o período de 2005 a 2018. A estrutura de análise utilizada se baseou nas diretrizes do IPCC (IPCC, 2006), com a seguinte divisão dos setores:

- **Agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU)** – contém emissões e remoções que resultam da variação na quantidade de biomassa em áreas de vegetação, da fermentação entérica em rebanhos, do manejo de dejetos animais, de solos agrícolas, e da queima de resíduos florestais;
- **Energia** – contém emissões da queima de combustíveis na conversão energética, nos setores residencial, comercial, industrial, público e agrícola, nos transportes, além das emissões fugitivas no setor de petróleo e gás;
- **Processos industriais e uso de produto (IPPU)** – contém emissões de processos produtivos na indústria e que não derivam do uso de combustíveis. No estado do Amazonas foi analisado o segmento da indústria de cimento; e
- **Resíduos** – contém emissões associadas à disposição de resíduos sólidos urbanos e sanitários, e do tratamento de efluentes líquidos urbanos e industriais.

As análises incluíram as emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) conforme a Tabela 01 a seguir. A emissão total de GEE está expressa em termos de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) com base no Potencial de Aquecimento Global do AR5 do IPCC (IPCC, 1995; 2013).

Tabela 01 - Gases do Efeito Estufa contabilizados no estado do Amazonas, por setor

Setor	AFOLU	Energia	IPPU	Resíduos
Gases	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
	CH ₄	CH ₄	CH ₄	CH ₄
	N ₂ O	N ₂ O	N ₂ O	N ₂ O

Com base nos dados do SEEG, foi possível observar que no período de 2005 a 2018 as emissões líquidas totais do estado sofreram uma redução de 7,5%. Esta queda ocorreu principalmente devido ao aumento de 29,6% nas remoções de LULUCF (sigla em inglês para Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas), além de ter havido uma redução de 48,9% nas emissões de processos industriais (IPPU). Por outro lado, os setores de resíduos, energia, agropecuária apresentaram um aumento significativo nas emissões de, respectivamente, 44,9%, 33,8%, 59,6%, além de ter ocorrido um crescimento de 32% nas emissões brutas de LULUCF.

Cabe ressaltar que, mesmo com o aumento nas emissões nos setores de resíduos, energia e agropecuária, apenas as emissões brutas de LULUCF são realmente relevantes, pois representam 79,2% das emissões brutas totais em 2018. No período de 2005 a 2009, as emissões dessa fonte diminuíram 48,8%, permanecendo quase constantes até 2014, quando voltaram a aumentar. As emissões agregadas dos setores e as variações ao longo do tempo para o estado do Amazonas são apresentadas na Tabela 02 a seguir.

Tabela 02 - Emissões históricas do estado do Amazonas por setor (Mt CO₂e)

Setor (Mt CO ₂ e)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005-2018
LULUCF (emissões brutas)	60,4	60,1	46,5	46,0	30,9	45,4	38,3	39,9	44,4	38,1	54,3	86,1	76,3	79,7	32,0%
LULUCF (remoções)	96,1	101,7	103,2	110,6	114,6	118,4	118,4	118,4	118,4	119,4	120,4	124,6	124,6	124,6	29,6%
Agropecuária (emissões brutas)	6,96	7,48	9,27	6,60	7,76	11,77	9,40	8,63	8,43	9,73	9,61	11,78	11,90	11,11	59,6%
Agropecuária (remoções)	0,992	1,036	0,097	0,128	0,156	0,028	0,034	0,040	0,046	0,181	0,059	0,064	0,071	0,077	-92,3%
Energia	6,705	6,90	7,80	7,99	7,93	9,50	8,71	9,00	8,10	10,20	9,24	7,79	7,09	8,97	33,8%
IPPU	0,232	0,234	0,252	0,282	0,241	0,261	0,293	0,283	0,278	0,248	0,232	0,217	0,201	0,119	-48,9%
Resíduos	0,524	0,547	0,564	0,607	0,619	0,638	0,665	0,695	0,726	0,750	0,757	0,764	0,763	0,759	44,9%
Total de emissões brutas	74,8	75,2	64,4	61,5	47,4	67,5	57,3	58,5	62,0	59,1	74,1	106,6	96,3	100,6	34,6%
Total de emissões líquidas	-22,4	-27,5	-38,9	-49,2	-67,4	-50,9	-61,1	-59,9	-56,4	-60,5	-46,3	-18,0	-28,4	-24,0	-7,5%

Fonte: SEEG, 2020

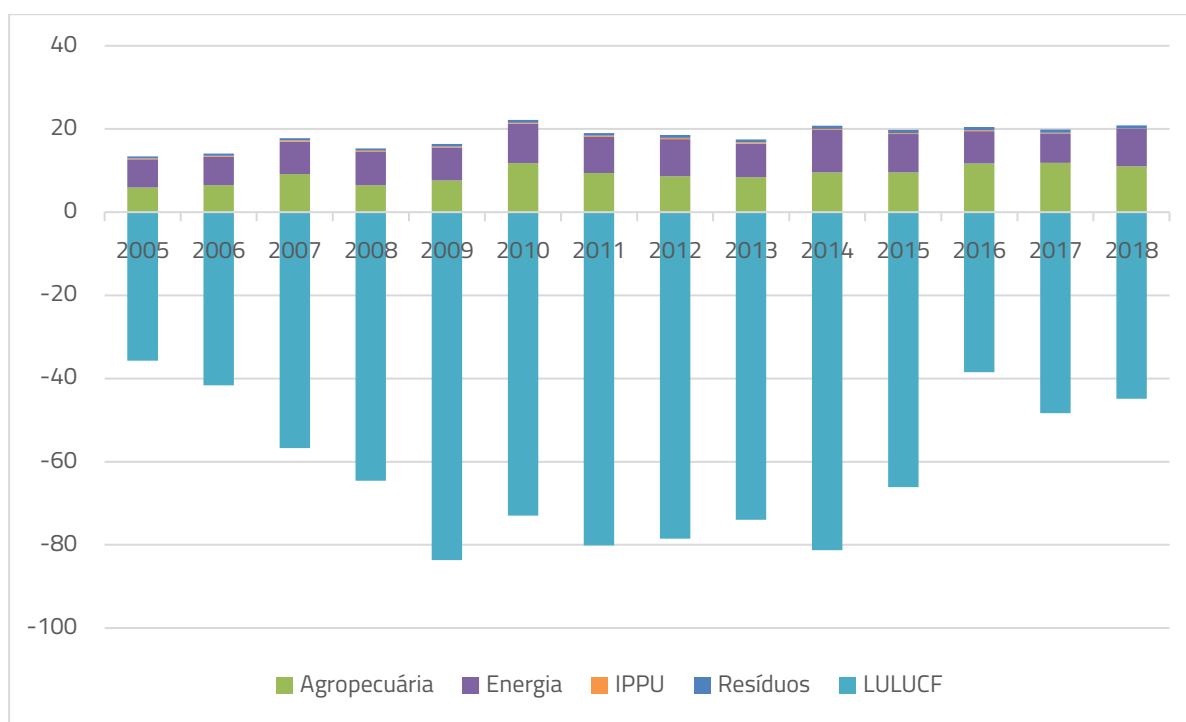


Figura 01 - Emissões do estado do Amazonas por setor no período 2005-2018 (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SEEG (2020)

3.1.1 Agricultura, florestas e outros usos do solo

As emissões líquidas do setor AFOLU diminuíram 13,6% em 2018 quando comparadas a 2005, sendo a maior redução observada entre 2005 e 2009, conforme mostrado na Tabela 03. As emissões líquidas do subsetor LULUCF apresentaram queda acentuada até 2009, permanecendo relativamente estáveis até 2014, quando voltaram a crescer de forma significativa, totalizando uma variação de -25,5% no período como um todo. Por outro lado, as emissões da agropecuária aumentaram 89,9% ao longo do período, impulsionadas pelas emissões da categoria de solos agrícolas. Já as emissões da pecuária permaneceram relativamente estáveis ao longo do período analisado.

Tabela 03 - Emissões históricas do setor AFOLU no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Setor	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005-2018
Agropecuária															
Agropecuária (emissões)	6,96	7,48	9,27	6,60	7,76	11,77	9,40	8,63	8,43	9,73	9,61	11,78	11,90	11,11	59,6%
Pecuária	1,81	1,88	1,78	1,96	2,01	2,03	2,18	2,18	2,22	2,12	1,97	1,99	2,03	2,09	15,4%
Fermentação entérica	1,73	1,80	1,71	1,88	1,93	1,95	2,09	2,10	2,13	2,04	1,89	1,91	1,95	2,01	15,9%
Manejo de dejetos	0,078	0,082	0,071	0,078	0,080	0,080	0,086	0,085	0,085	0,083	0,079	0,082	0,079	0,081	3,8%
Lavouras	5,15	5,60	7,49	4,64	5,76	9,73	7,22	6,45	6,21	7,61	7,65	9,78	9,87	9,02	75,2%
Queima de resíduos florestais (cana de açúcar)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	-25,7%
Solos agrícolas	0,505	0,521	0,468	0,535	0,548	0,556	0,604	0,599	0,606	0,584	0,544	0,549	0,560	0,572	13,3%
Agropecuária (remoções)	0,992	1,036	0,097	0,128	0,156	0,028	0,034	0,040	0,046	0,181	0,059	0,064	0,071	0,077	-92,3%
Agropecuária (emissões líquidas)	5,97	6,44	9,17	6,47	7,61	11,74	9,36	8,59	8,38	9,55	9,56	11,71	11,83	11,03	84,9%
LULUCF															
LULUCF (emissões)	60,4	60,1	46,5	46,0	30,9	45,4	38,3	39,9	44,4	38,1	54,3	86,1	76,3	79,7	32,0%
Desmatamento e outros usos da terra	58,1	57,8	44,7	44,3	29,7	43,6	36,8	38,4	42,8	36,7	52,2	82,8	73,4	76,7	31,9%
Resíduos florestais	2,23	2,27	1,76	1,74	1,17	1,72	1,45	1,51	1,68	1,44	2,05	3,26	2,89	3,01	34,8%
LULUCF (remoções)	96,1	101,7	103,2	110,6	114,6	118,4	118,4	118,4	118,4	119,4	120,4	124,6	124,6	124,6	29,7%
Remoções de floresta secundária	2,57	3,50	4,44	5,37	6,30	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	10,04	291,1%
Remoções em áreas protegidas	93,6	98,2	98,8	105,2	108,3	108,3	108,3	108,3	108,3	109,3	110,4	114,5	114,5	114,5	22,4%
LULUCF (emissões líquidas)	-35,8	-41,6	-56,7	-64,5	-83,8	-73,0	-80,1	-78,5	-73,9	-81,3	-66,1	-38,5	-48,3	-44,9	-25,5%
TOTAL AFOLU (emissões brutas)	67,3	67,5	55,8	52,6	38,6	57,1	47,7	48,5	52,9	47,8	63,9	97,8	88,2	90,8	34,9%
TOTAL AFOLU (emissões líquidas)	-29,8	-35,2	-47,5	-58,1	-76,2	-61,3	-70,7	-69,9	-65,5	-71,7	-56,6	-26,8	-36,4	-33,9	-13,6%

Fonte: SEEG (2020)

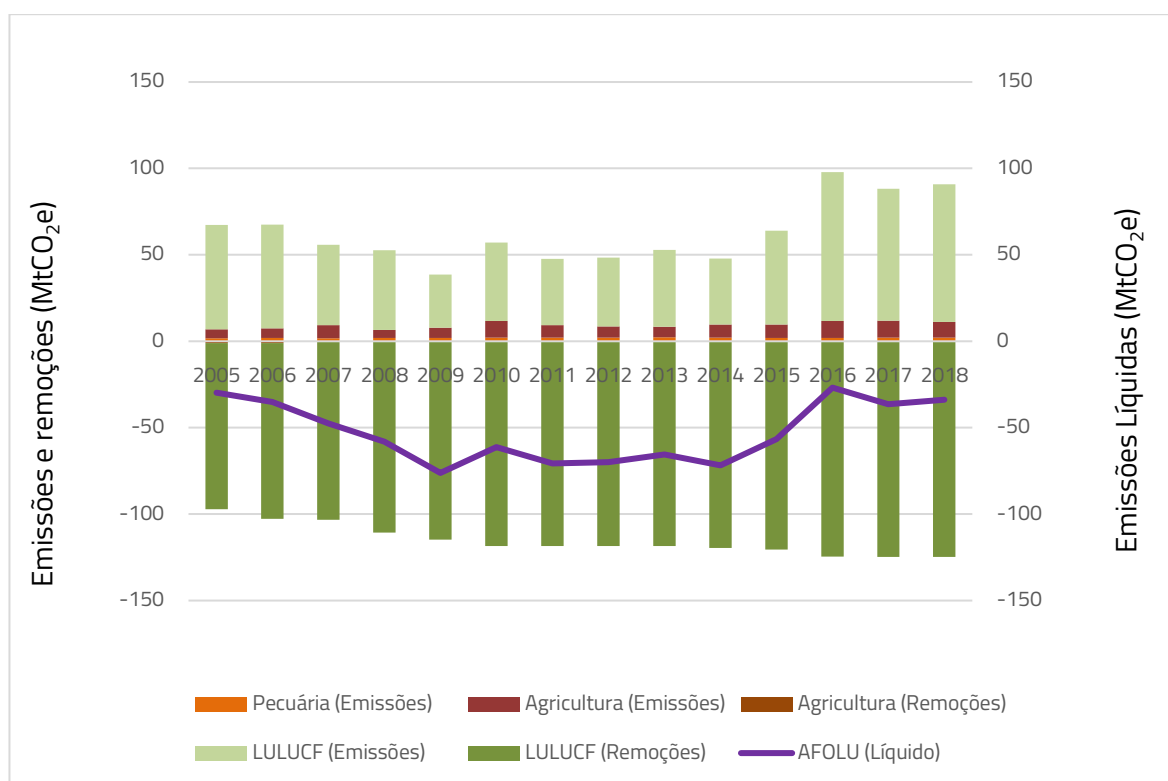


Figura 02 - Emissões históricas do setor AFOLU do estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SEEG (2020)

3.1.2 Energia

O setor de energia compreende as atividades de exploração e transporte de petróleo e gás, os centros de transformação e o consumo final de combustíveis. As emissões relacionadas ao consumo de combustível nos setores agrícola, comercial, industrial, público e de produção de combustível incluem as provenientes da geração elétrica e do consumo direto de combustível nas atividades dos setores (consumo final de energia). Já no setor residencial, as emissões de energia provêm apenas do consumo final de energia.

No período analisado houve um aumento substancial das emissões relacionadas ao uso de energia nos setores residencial e de transporte, assim como uma intensa redução nas emissões dos setores público e industrial, como mostra a Tabela 04.

Tabela 04 - Emissões históricas do setor de energia do estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Setor	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005-2018
Emissões fugitivas na produção de combustível	0,72	0,52	0,53	0,54	0,81	0,60	0,52	0,50	0,63	0,68	0,67	0,64	0,59	0,63	-11,7%
Emissões fugitivas na queima de combustível	5,99	6,38	7,26	7,45	7,12	8,90	8,19	8,50	7,47	9,53	8,57	7,15	6,49	8,34	39,2%
Agropecuária	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,034	0,039	0,046	0,043	0,045	0,047	0,039	0,035	0,037	1.749,2%
Comércio	0,016	0,014	0,018	0,014	0,008	0,010	0,011	0,008	0,003	0,017	0,015	0,013	0,015	0,015	-10,6%
Geração elétrica	3,41	3,67	4,26	4,21	3,79	5,14	4,41	4,72	3,93	5,60	4,85	3,49	2,55	4,30	26,0%
Industrial	0,158	0,148	0,241	0,254	0,262	0,133	0,159	0,153	0,071	0,092	0,058	0,056	0,059	0,069	-56,2%
Produção de combustíveis	0,624	0,593	0,624	0,750	0,763	0,762	0,796	0,765	0,803	0,827	0,776	0,715	0,667	0,670	7,4%
Público	0,060	0,042	0,023	0,021	0,020	0,018	0,016	0,010	0,001	0,009	0,008	0,011	0,014	0,016	-73,6%
Residencial	0,134	0,137	0,185	0,194	0,196	0,216	0,227	0,238	-	0,249	0,252	0,252	0,256	0,256	91,5%
Transporte	1,58	1,78	1,91	2,00	2,08	2,59	2,54	2,57	2,62	2,68	2,56	2,57	2,90	2,98	88,1%
Total de energia	6,71	6,90	7,80	7,99	7,93	9,50	8,71	9,00	8,10	10,20	9,24	7,79	7,09	8,97	33,8%

Fonte: SEEG, 2020

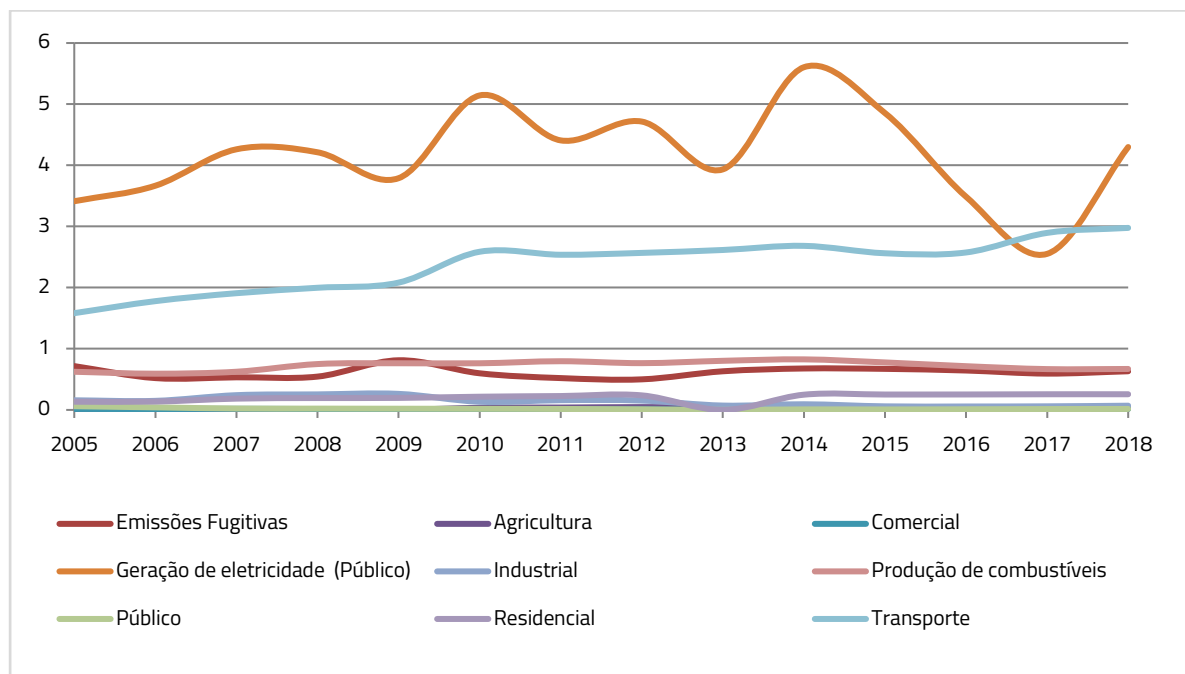


Figura 03 - Emissões históricas do setor de energia do estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SEEG (2020)

Com relação à geração elétrica, o óleo diesel foi a principal fonte de emissões entre 2010 e 2015. A partir de 2014, contudo, com a entrada em operação de usinas a gás natural, este combustível cresceu em participação nas emissões associadas à geração elétrica no estado, passando a ser a principal fonte a partir de 2016.

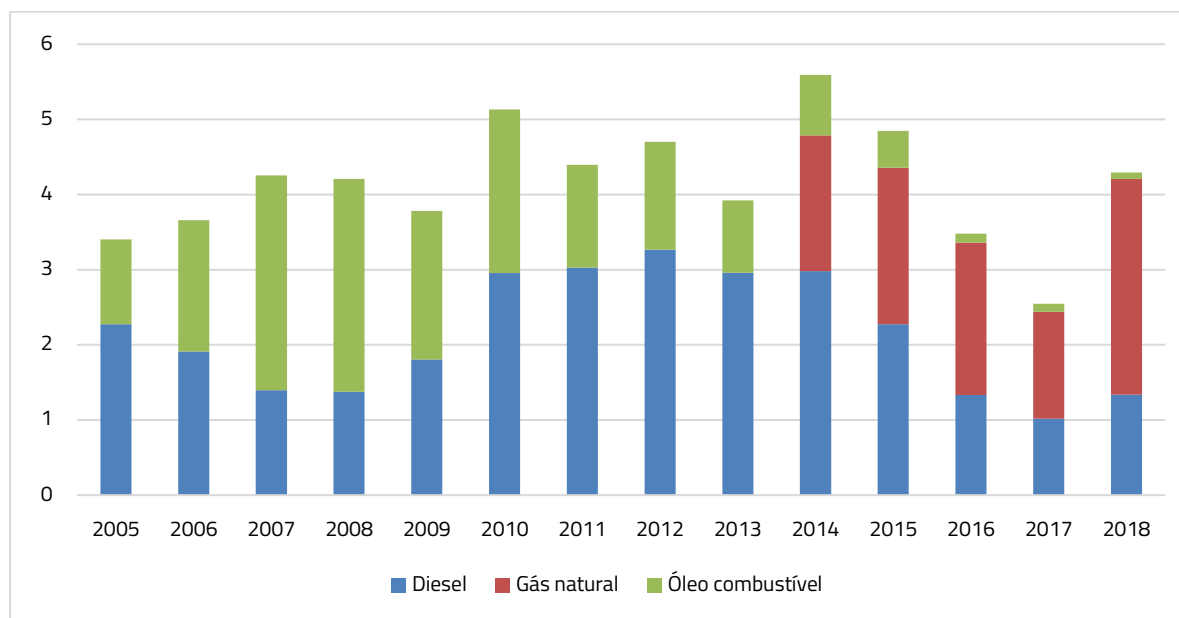


Figura 04 - Emissões históricas da geração elétrica por fontes de energia no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SEEG (2020)

No setor de transportes as emissões aumentaram 88,1% no período, com o transporte rodoviário sendo responsável por quase 80% em 2018. No entanto, o modal de transporte hidroviário apresentou o maior crescimento percentual das emissões, com uma variação de 212% no mesmo período, seguido pelo rodoviário e o frete ferroviário, conforme mostra a Tabela 05.

Tabela 05 - Emissões históricas dos modais de transporte do estado do Amazonas (Mt CO₂)

Modal	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005-2018
Rodoviário	1,15	1,31	1,39	1,47	1,59	1,66	1,74	1,89	1,93	2,01	1,90	2,02	2,31	2,35	105,45%
Aéreo	0,322	0,319	0,372	0,356	0,347	0,356	0,376	0,380	0,365	0,350	0,324	0,271	0,283	0,295	-8,20%
Hidroviário	0,105	0,140	0,137	0,163	0,132	0,568	0,416	0,296	0,322	0,328	0,339	0,286	0,301	0,327	212,60%
Ferrovário	0,010	0,014	0,012	0,010	0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-100,00%
Total (transportes)	1,58	1,78	1,91	2,00	2,08	2,59	2,54	2,57	2,62	2,68	2,56	2,57	2,90	2,98	88,10%

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SEEG (2020)

Os subsetores industriais de consumo de energia mais emissores no estado sofreram alterações entre 2005 e 2018, conforme mostra a Figura 05. No início do período, outras indústrias, papel e celulose e alimentos e bebidas foram os que mais emitiram. Porém, as indústrias química e de mineração e pelletização tornaram-se as mais importantes nos anos recentes, seguidas pelo segmento de papel e celulose. Vale destacar que o setor industrial como um todo reduziu de forma significativa suas emissões de uso de energia neste período, com uma variação de -56,2%.

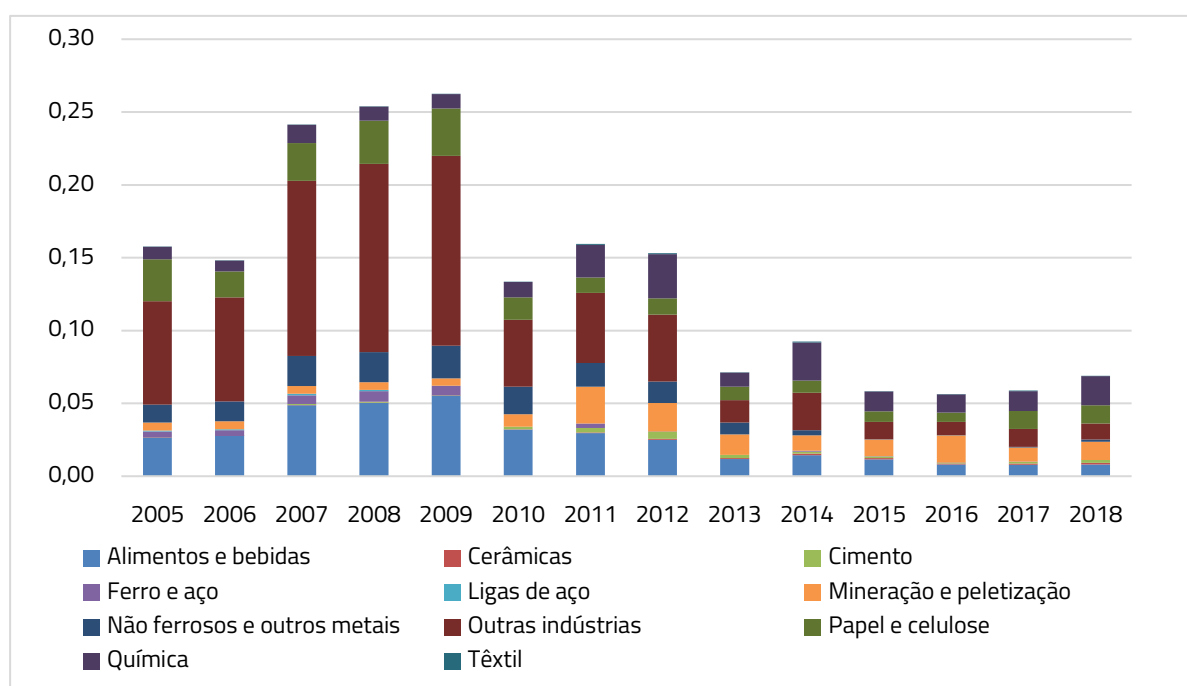


Figura 05 - Emissões históricas do uso de energia nos subsetores da indústria do estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base em dados do SEEG (2020)

3.1.3 Indústria (processos industriais e uso de produto – IPPU)

Os dados relativos às emissões de IPPU estão disponíveis apenas para a indústria de cimento, que apresentou uma redução de 48,9% em suas emissões entre 2005 e 2018. Ressalta-se que ao longo desse período as emissões não foram lineares, coincidindo com uma retração do mercado em 2009 e 2014, permanecendo em decadência até o final do período. O pico das emissões ocorreu em 2011, quando as emissões haviam crescido 25% em relação a 2005.

Tabela 06 - Emissões históricas do setor de IPPU do estado do Amazonas (Mt CO2e)

Setor	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2005-2018
IPPU (cimento)	0,232	0,234	0,252	0,282	0,241	0,261	0,293	
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
	0,283	0,278	0,248	0,232	0,217	0,201	0,119	-48,9%

Fonte: SEEG (2020)

3.1.4 Resíduos

As emissões de GEE do setor de resíduos aumentaram 44,8% entre 2005 e 2018, principalmente em virtude do aumento de 294,4% nas emissões relacionadas a efluentes industriais e de 74,1% nas emissões relacionadas à disposição de resíduos em aterro, conforme apresenta a Tabela 07. Por outro lado, as emissões oriundas da disposição de resíduos a céu aberto diminuíram 46,7% no mesmo período.

Tabela 07 - Emissões históricas do setor de resíduos do estado do Amazonas (Mt CO2e)

Setor (Mt CO2e)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2005-2018
Tratamento e descarga de efluentes líquidos	0,23	0,241	0,247	0,28	0,282	0,294	0,307	0,328	0,343	0,353	0,359	0,369	0,376	0,381	65,7%
Efluentes líquidos domésticos	0,212	0,219	0,226	0,234	0,243	0,252	0,263	0,276	0,288	0,294	0,299	0,304	0,308	0,31	46,2%
Efluentes líquidos industriais	0,018	0,022	0,02	0,045	0,039	0,042	0,044	0,052	0,055	0,059	0,061	0,066	0,068	0,071	294,4%
Resíduos sólidos	0,293	0,306	0,317	0,328	0,337	0,344	0,358	0,367	0,383	0,398	0,397	0,395	0,387	0,377	28,7%
Resíduos sólidos urbanos	0,293	0,305	0,317	0,327	0,336	0,343	0,357	0,366	0,382	0,396	0,396	0,394	0,386	0,376	28,3%
Disposição em aterro controlado	0,062	0,065	0,068	0,071	0,073	0,074	0,078	0,081	0,085	0,088	0,089	0,089	0,087	0,086	38,7%
Disposição em aterro	0,139	0,152	0,165	0,177	0,188	0,198	0,211	0,222	0,236	0,248	0,251	0,251	0,248	0,242	74,1%
Disposição em aterro a céu aberto	0,092	0,088	0,083	0,079	0,075	0,071	0,067	0,064	0,061	0,06	0,057	0,054	0,051	0,049	-46,7%
Resíduos incinerados (resíduos de serviços de saúde)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0%
Total de resíduos	0,524	0,547	0,564	0,607	0,619	0,638	0,665	0,695	0,726	0,75	0,757	0,764	0,763	0,759	44,8%

Fonte: SEEG (2020)

3.2 Cenários para a trajetória de emissões

Os cenários de referência e de mitigação para o estado do Amazonas foram elaborados para o período a partir de 2019, visto que a série de dados históricos disponíveis no SEEG finalizava em 2018. As projeções mostram que o estado deverá apresentar um crescimento nas emissões de GEE no período de 2005 a 2030 como um todo, caso sejam mantidas as tendências atuais. Conforme apontam os resultados do cenário de referência, esse crescimento deverá ser de 31% das emissões líquidas e de 47% nas emissões brutas. Com relação às emissões líquidas, o valor no final do período ainda será negativo, como se pode observar na Tabela 08.

Todos os setores analisados apresentam uma tendência de aumento das emissões nesse cenário, com exceção de IPPU. No setor AFOLU, embora haja um aumento da captura de carbono em LULUCF, o crescimento também observado na agropecuária faz com que o resultado líquido do setor apresente um leve aumento das emissões. Entre os demais setores, há um destaque para a oferta de energia, segunda maior fonte de emissões no estado, e que apresenta uma trajetória de crescimento de 56% entre 2005 e 2030.

Tabela 08 - Emissões projetadas no estado do Amazonas por setor (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	MtCO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
AFOLU	-30	-62	-57	-28	-28	-80	-28	-85	7%	-168%	8%	-186%
Transporte	1,6	2,6	2,6	2,7	3,1	2,8	3,4	2,5	96%	76%	113%	59%
Indústria	0,4	0,4	0,3	0,19	0,22	0,21	0,24	0,22	-44%	-46%	-37%	-43%
Outros setores de uso de energia	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	70%	70%	79%	79%
Oferta de energia	4,8	6,5	6,3	5,8	7,0	6,7	7,4	7,0	48%	40%	56%	46%
Resíduos	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	53%	31%	56%	32%
Total	-22	-52	-47	-18	-16	-69	-15	-75	28%	-210%	31%	-233%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

No cenário de mitigação o resultado muda consideravelmente, com a projeção de queda acentuada nas emissões, fechando o período com uma variação de -233%. O resultado se deve principalmente ao setor AFOLU, embora todos os setores apresentem melhora em relação ao cenário anterior, com exceção de outros setores de uso de energia. Comparando ambos os cenários, pode-se perceber que as ações de mitigação consideradas permitem uma redução de aproximadamente 400% nas emissões em relação às tendências atuais.

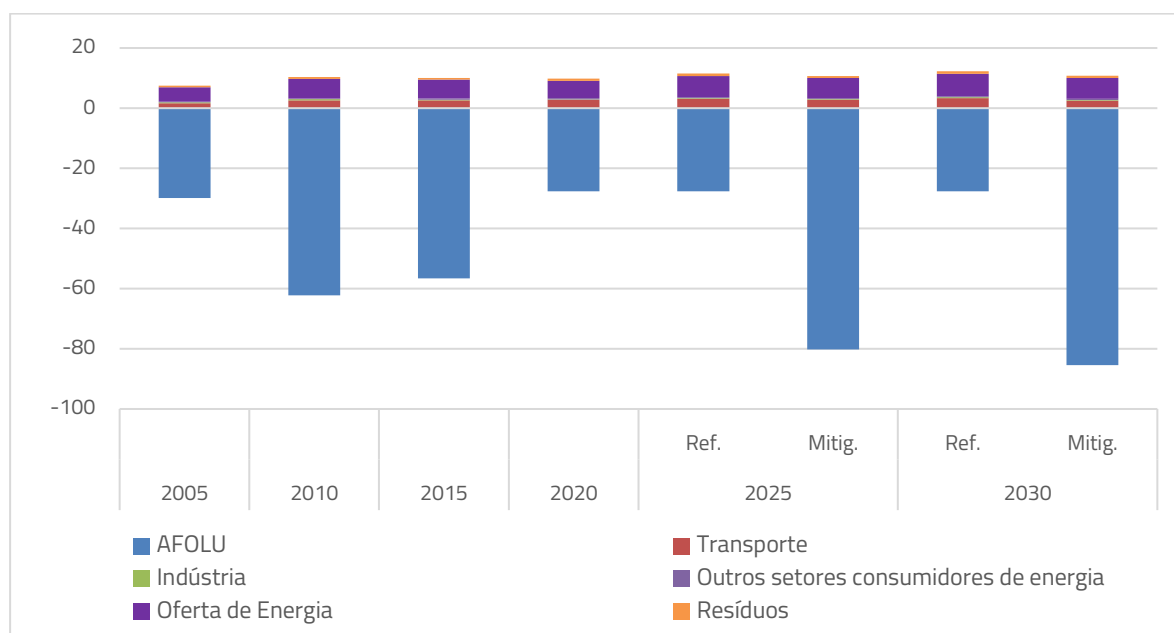


Figura 06 – Emissões projetadas no estado do Amazonas por setor entre 2005 e 2030 (Mt CO₂e)

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.2.1 Agricultura, Florestas e outros usos do solo

O setor de agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU) inclui emissões de dois subsetores: LULUCF (uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas) e agropecuária. As emissões associadas a florestas e outros usos da terra são cobertas em LULUCF, enquanto a agropecuária abrange as emissões relativas à agricultura (solos agrícolas, queima de resíduos agrícolas e carbono no solo) e pecuária (fermentação entérica e manejo de dejetos).

No cenário de referência, o setor AFOLU apresenta uma tendência de leve crescimento das emissões. Os resultados indicam que as emissões líquidas anuais desse setor no estado deverão passar de – 29,9 Mt de CO₂e em 2005 para – 27,6 Mt de CO₂e em 2030, ou seja, um crescimento

de 8%, o que pode ser interpretado também como uma redução da remoção de carbono. Se consideradas as emissões brutas, a tendência é de um aumento de 46% ao longo do período.

No cenário de mitigação, entretanto, projeta-se uma redução expressiva de 186% nas emissões entre 2005 e 2030, alcançando – 85,5 Mt de CO₂e por ano no final do período. Este resultado ocorre principalmente em função da redução do desmatamento e do aumento de áreas protegidas, ambos inclusos no subsetor LULUCF. Ao se comparar os números dos dois cenários em 2030, os resultados do cenário de mitigação representam uma redução de mais de 200% nas emissões em relação ao cenário de referência.

Tabela 09 - Emissões projetadas no setor AFOLU do estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
AFOLU	-29,87	-62,21	-56,62	-27,59	-27,68	-80,16	-27,63	-85,46	7%	-168%	8%	-186%
LULUCF (Emissões líquidas)	-36,83	-73,98	-66,24	-37,83	-37,85	-86,03	-37,73	-90,93	-3%	-134%	-2%	-147%
Agricultura	6,96	11,76	9,62	10,24	10,17	5,87	10,10	5,46	46%	-16%	45%	-22%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

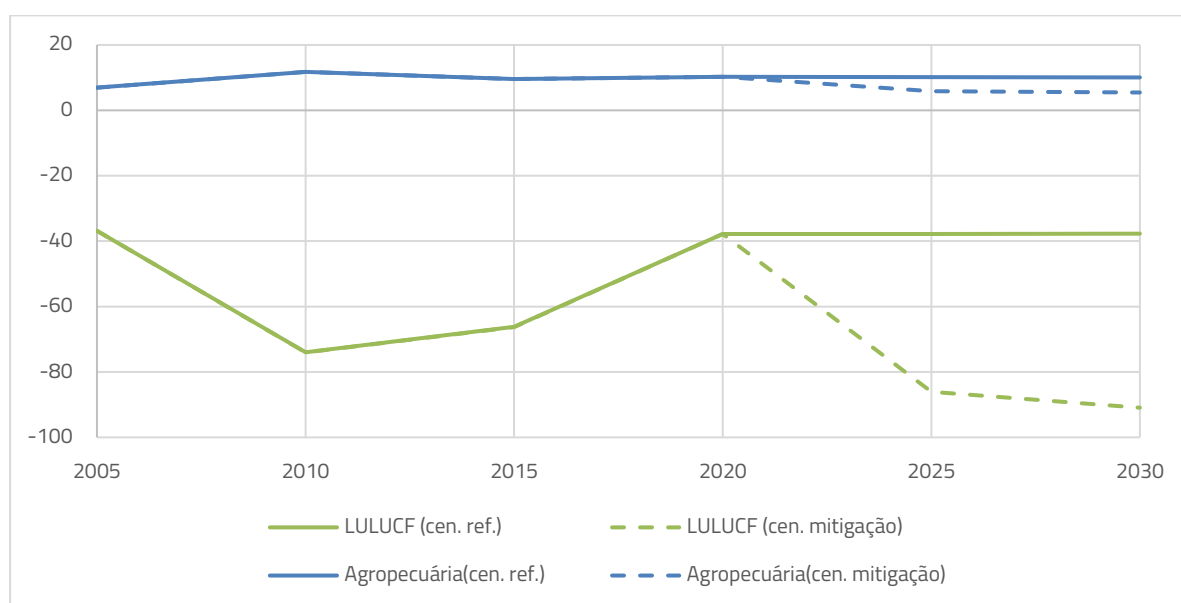


Figura 07 - Emissões projetadas do setor AFOLU no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.2.1.1 Uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas (LULUCF)

Embora as emissões associadas a LULUCF sejam negativas desde 2005, inclusive com redução tanto das emissões brutas quanto líquidas até 2014, nos últimos anos houve uma reversão deste contexto, com aumento das emissões desde 2015. Tanto o cenário de referência quanto o de mitigação apresentam tendência de redução nas emissões líquidas associadas a LULUCF no período como um todo, embora no último cenário essa queda seja muito mais significativa.

No cenário de referência a trajetória das emissões associadas a desmatamento e outras mudanças de uso da terra foi projetada com base na emissão média anual entre 2016 e 2019 (84,54 Mt CO₂e) e foi então considerada constante até o final do período. Já as emissões associadas a resíduos florestais seguiram a taxa histórica de 4% das emissões oriundas de desmatamento. Por outro lado, a remoção em áreas protegidas neste cenário foi mantida no mesmo nível de 2019 (114,6 Mt CO₂e/ano) enquanto a projeção de remoção por florestas secundárias considerou a média entre os anos de 2016 e 2018 de 13% em relação às emissões de desmatamento e foi então mantida constante até 2030. Como resultado, observa-se uma tendência de aumento de 46% nas emissões brutas de LULUCF entre 2005 e 2030. Contudo, ao se incluir as remoções de carbono, a emissão líquida desse setor no estado diminui no período, ou seja, há uma tendência de aumento de 5% na remoção de carbono.

No cenário de mitigação projeta-se que haja uma redução no desmatamento e um aumento de áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas). Consequentemente, os resultados apontam tanto para uma redução das emissões brutas (34%) quanto para um aumento da remoção de carbono (35%), totalizando uma redução das emissões líquidas associadas a LULUCF em 147% entre 2005 e 2030.

Tabela 10 - Emissões projetadas de LULUCF no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
LULUCF (emissões líquidas)	-36,83	-73,98	-66,24	-37,83	-37,85	-86,03	-37,73	-90,93	-3%	-134%	-2%	-147%
Emissões brutas	60,33	45,40	54,30	87,86	87,86	40,77	87,86	39,90	46%	-32%	46%	-34%
Desmatamento e outras alterações no uso do solo	58,10	43,60	52,20	84,54	84,54	37,33	84,54	36,48	46%	-36%	46%	-37%
Calagem e resíduos florestais	2,23	1,72	2,05	3,32	3,32	3,43	3,32	3,43	49%	54%	49%	54%
Remoções	-97,16	-119,38	-120,54	-125,69	-125,72	-126,80	-125,59	-130,83	-29%	-31%	-29%	-35%
Recuperação de pastagens degradadas	-0,98	-1,02	-0,08	-0,11	-0,13	-0,17	0,00	0,00	87%	82%	100%	100%
Sistemas Pecuária-Florestas	-0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,04	-140%	-220%	-180%	-273%
Áreas protegidas e terras indígenas	-93,60	-108,30	-110,40	-114,60	-114,60	-118,80	-114,60	-123,00	-22%	-27%	-22%	-31%
Florestas secundárias	-2,57	-10,04	-10,04	-10,96	-10,96	-7,79	-10,96	-7,79	-326%	-203%	-326%	-203%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.2.1.2 Agropecuária

No cenário de referência a projeção da trajetória de emissões da agropecuária de 2019 a 2030 se baseou na média anual de emissões entre 2010 e 2018 em cada subsetor (agricultura e pecuária) e na taxa de crescimento das emissões para o Brasil de acordo com o Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS. Embora entre 2005 e 2018 se observe um crescimento de 90% nas emissões do setor, o pico de emissões no período ocorreu em 2010, em um leve declínio desde então. Consequentemente, a projeção a partir de 2019 é de uma leve redução nas emissões considerando as tendências atuais, tanto na agricultura quanto na pecuária. Contudo, no período como um todo (2005 a 2030) o que deverá se observar é um aumento de 45% nas emissões da agropecuária, em função do forte crescimento ocorrido até 2010.

A agricultura é a principal fonte de emissões dentro da agropecuária no estado, em especial em função de solos agrícolas (pastos degradados), com projeção de crescimento de 57% das

emissões brutas da agricultura até 2030. Por outro lado, a pecuária tem como principal fonte de emissões a fermentação entérica, e deverá apresentar um crescimento de 12% entre 2005 e 2030.

Por outro lado, no cenário de mitigação a adoção de práticas agrícolas menos intensivas em carbono possibilita uma redução significativa das emissões até o final do período. Como resultado, projeta-se uma queda de 22% entre 2005 e 2030 na agropecuária do estado. A agricultura, além de ser a principal fonte de emissões, é também a que apresenta maior potencial de mitigação, com expectativa de redução de 27% nas emissões até 2030 através da adoção de práticas como sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. Já na pecuária espera-se uma redução mais modesta, de 6% ao longo do período como um todo.

Tabela 11 - Emissões projetadas da agropecuária estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Agricultura	5,15	9,73	7,65	8,16	8,11	3,90	8,07	3,76	58%	-24%	57%	-27%
Solos agrícolas	0,51	0,56	0,54	0,58	0,57	0,56	0,57	0,52	13%	12%	13%	3%
Queima de resíduos de agricultura	0,0050	0,0050	0,0030	0,0037	0,0036	0,0042	0,0036	0,0045	-27%	-15%	-28%	-10%
Carbono no solo	4,64	9,17	7,10	7,58	7,54	3,33	7,50	3,23	62%	-28%	62%	-30%
Pecuária	1,81	2,03	1,97	2,08	2,06	1,97	2,03	1,71	14%	9%	12%	-6%
Fermentação entérica	1,73	1,95	1,89	2,00	1,98	1,89	1,95	1,63	14%	9%	13%	-6%
Manejo de dejetos	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	1%	1%	1%	-4%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.2.2 Transporte

No cenário de referência as projeções para o setor de transporte se basearam na taxa de crescimento de cada modal no Brasil de acordo com as estimativas do Cenário de Políticas Atuais projeto DDP-BIICS. Para o período de 2019 a 2030 taxa de crescimento acumulado em cada modal é de 0,14% no aquaviário, 8% no ferroviário, 15% no aeroviário e 15% no rodoviário. Em seguida, as emissões foram calculadas com base no fator de emissão de cada tipo de combustível utilizado.

Os resultados desse cenário indicam uma tendência de crescimento de 114% nas emissões anuais do setor de transporte entre 2005 e 2030. O maior crescimento percentual deve ocorrer no modal aquaviário (212%), mas o maior crescimento absoluto nas emissões ocorrerá no transporte rodoviário (1,56 Mt CO₂e) o qual continuará a ser a principal fonte de emissões no setor de transportes.

No cenário de mitigação a projeção também aponta para um crescimento das emissões anuais do setor, embora a um ritmo menor. As medidas de mitigação consideradas ocorrem principalmente no modal rodoviário, e incluem aumento no uso de biocombustíveis, ganhos de eficiência energética, expansão na frota de veículos elétricos, e maior uso de transporte público. Os resultados indicam que com a adoção dessas medidas as emissões anuais do setor como um todo em 2030 serão de 2,52 Mt CO₂e ante a 1,59 Mt CO₂e observados em 2005, um aumento de 59%. Comparando os cenários de referência e de mitigação para o setor de transporte é possível observar que a adoção das medidas de mitigação nesse setor possibilita uma redução de 25% nas emissões em 2030.

Tabela 12 - Emissões projetadas do setor de transportes no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Transporte	1,59	2,58	2,56	2,75	3,10	2,79	3,38	2,52	96%	76%	113%	59%
Rodoviário	1,15	1,66	1,90	2,30	2,47	2,10	2,71	1,85	115%	83%	136%	61%
Ferroviário	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-100%	-100%	-100%	-100%
Aéreo	0,32	0,36	0,32	0,17	0,32	0,35	0,34	0,30	0%	8%	5%	-8%
Aquaviário	0,11	0,57	0,34	0,28	0,31	0,34	0,33	0,37	196%	220%	212%	256%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

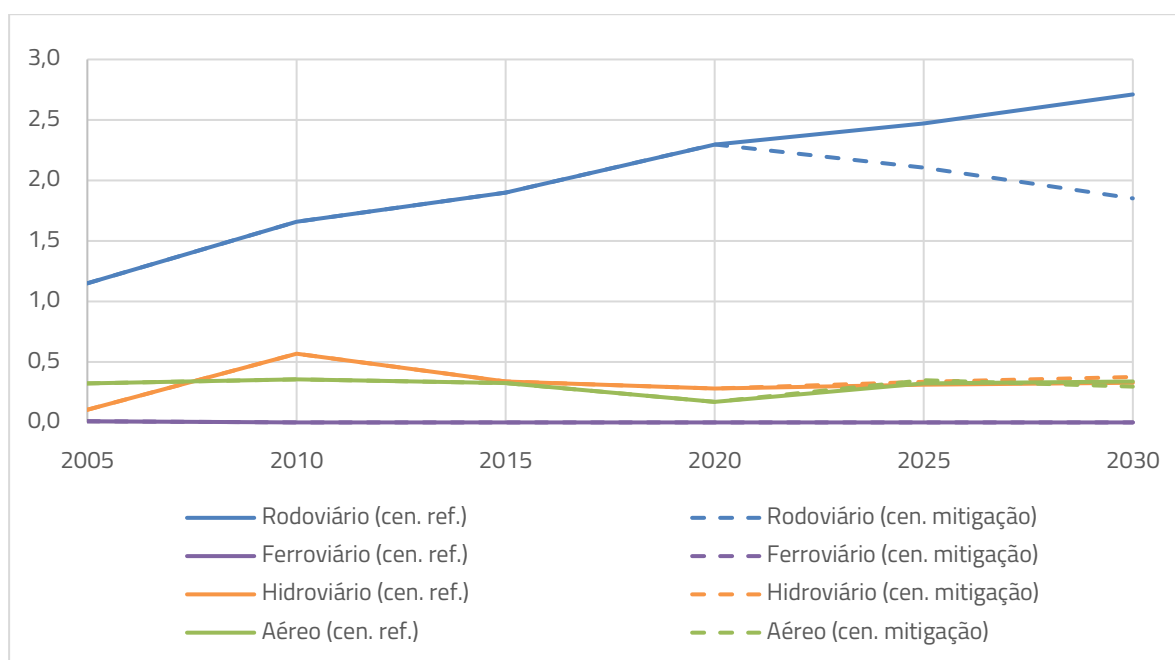


Figura 08 - Emissões projetadas do setor de transportes no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.2.3 Indústria

As emissões do setor industrial são fortemente influenciadas pelo nível de atividade econômica e as trajetórias de emissões para este setor se basearam nas taxas de crescimento de cada segmento industrial no país. As emissões de processos industriais (IPPU) no estado foram projetadas a partir da taxa de crescimento da indústria de cimento prevista para o Brasil, visto que os dados do SEEG relativos a essa categoria estão disponíveis apenas para este segmento. Já as emissões do uso de energia na indústria se basearam na taxa de crescimento de cada segmento industrial obtidas no Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS.

No cenário de referência as emissões da indústria deverão sofrer uma redução de 37% entre 2005 e 2030, embora esta tendência se deva a uma queda já observada até 2018. A projeção a partir de 2019, contudo, sugere um crescimento moderado das emissões até o final do período. Essa trajetória é fortemente influenciada pelas emissões associadas a IPPU, que é responsável pela quase totalidade das emissões industriais no estado, embora um padrão semelhante seja observado também nas emissões associadas ao uso de energia na indústria.

No cenário de mitigação a projeção aponta para uma redução de 43% nas emissões do setor, devido a medidas como redução da intensidade energética, controle de vazamentos, controle de processos e substituição de combustíveis fósseis por gás natural e biomassa. Assim como no cenário anterior, a redução percentual é maior no uso de energia (62%) do que em IPPU (31%), embora neste último a redução absoluta seja mais significativa. Comparando os dois cenários é possível observar que as medidas de mitigação consideradas permitem uma redução de quase 10% na emissão anual em 2030.

Tabela 13 - Emissões projetadas do setor industrial no Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig	Ref.	Mitig	Ref.	Mitig	Ref.	Mitig
Total da indústria (energia + IPPU)	0,39	0,40	0,29	0,19	0,22	0,21	0,24	0,22	-44%	-46%	-37%	-43%
Indústria (Energia)	0,157	0,134	0,057	0,056	0,063	0,057	0,070	0,060	-60%	-64%	-56%	-62%
Cimento	0,000	0,002	0,001	0,002	0,003	0,002	0,003	0,002	31% ¹	23% ¹	47% ¹	24% ¹
Ferro-gusa e aço	0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Não-ferrosos e outros metalúrgicos	0,012	0,019	0,000	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	-81%	-83%	-79%	-82%
Química	0,009	0,011	0,014	0,020	0,023	0,021	0,025	0,022	154%	135%	180%	140%
Alimentos e bebidas	0,026	0,032	0,011	0,007	0,008	0,008	0,009	0,008	-67%	-69%	-63%	-67%
Papel e celulose	0,029	0,015	0,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outras indústrias	0,076	0,055	0,024	0,024	0,027	0,024	0,029	0,025	-65%	-69%	-61%	-67%
Processos industriais e uso de produto	0,23	0,26	0,23	0,14	0,16	0,15	0,17	0,16	-33%	-35%	-25%	-31%
Indústrias minerais	0,23	0,26	0,23	0,14	0,16	0,15	0,17	0,16	-33%	-35%	-25%	-31%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

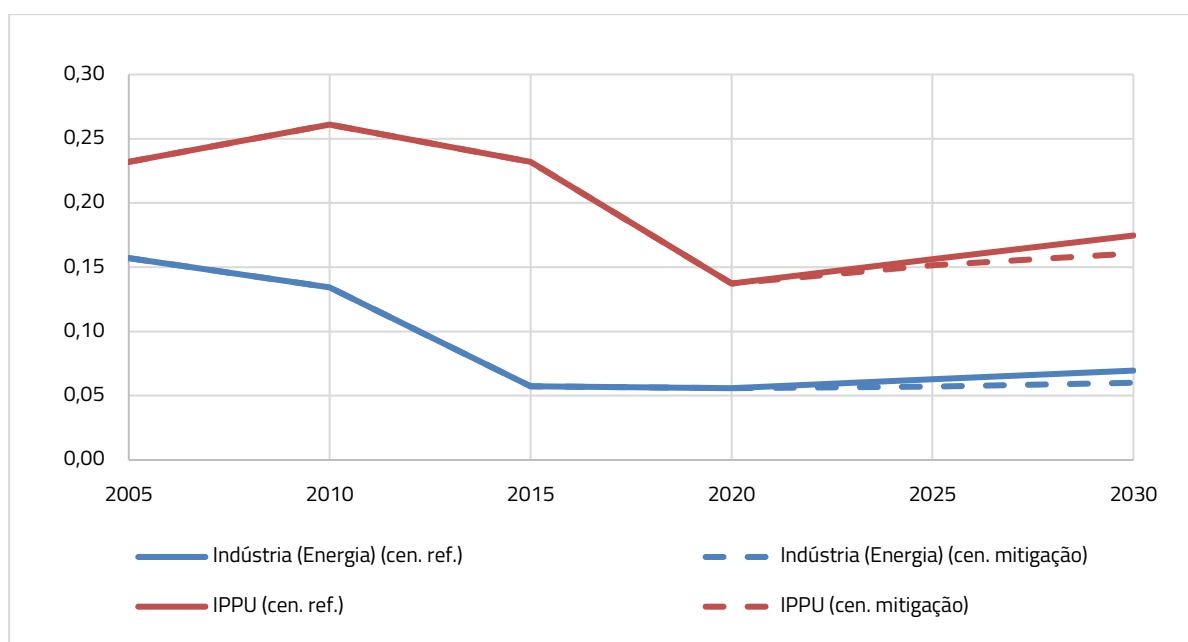


Figura 09 – Emissões projetadas do setor industrial no Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.2.4 Outros setores de uso de energia

A projeção da trajetória de emissões associadas ao uso de energia em outros setores (agropecuário, residencial, comercial e público) se baseou nas taxas de crescimento das emissões de cada um desses setores no Brasil obtidas no Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS. As emissões relativas ao consumo de combustíveis nos setores agropecuário, comercial, e público incluem aquelas oriundas de usinas autoprodutoras e do consumo direto de combustíveis (demanda final), enquanto no setor residencial as emissões incluem apenas a demanda final.

No cenário de referência os resultados indicam uma tendência de crescimento de 79% nas emissões ao longo do período (2005 a 2030). Esse aumento se deve principalmente ao setor residencial, é que a principal fonte de emissões e será responsável pelo maior crescimento absoluto, enquanto a agropecuária deverá apresentar o maior crescimento relativo, com uma variação expressiva de quase 3.000%. Por outro lado, os setores comercial e público deverão ter uma redução nas emissões ao longo do período neste cenário, mas têm pouca relevância no agregado.

No cenário de mitigação não foram consideradas medidas de mitigação específicas para o uso de energia nestes setores, de modo que os resultados coincidem com aqueles apresentados para o cenário de referência, conforme se pode observar na Tabela 14 a seguir.

Tabela 14 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Outros setores de uso de energia	0,21	0,28	0,32	0,34	0,36	0,36	0,38	0,38	70%	70%	79%	79%
Residencial	0,13	0,22	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	105%	105%	117%	117%
Público e comercial	0,076	0,028	0,023	0,030	0,028	0,028	0,027	0,027	-63%	-63%	-65%	-65%
Agricultura	0,002	0,034	0,047	0,054	0,058	0,058	0,061	0,061	2,783%	2,783%	2,947%	2,947%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

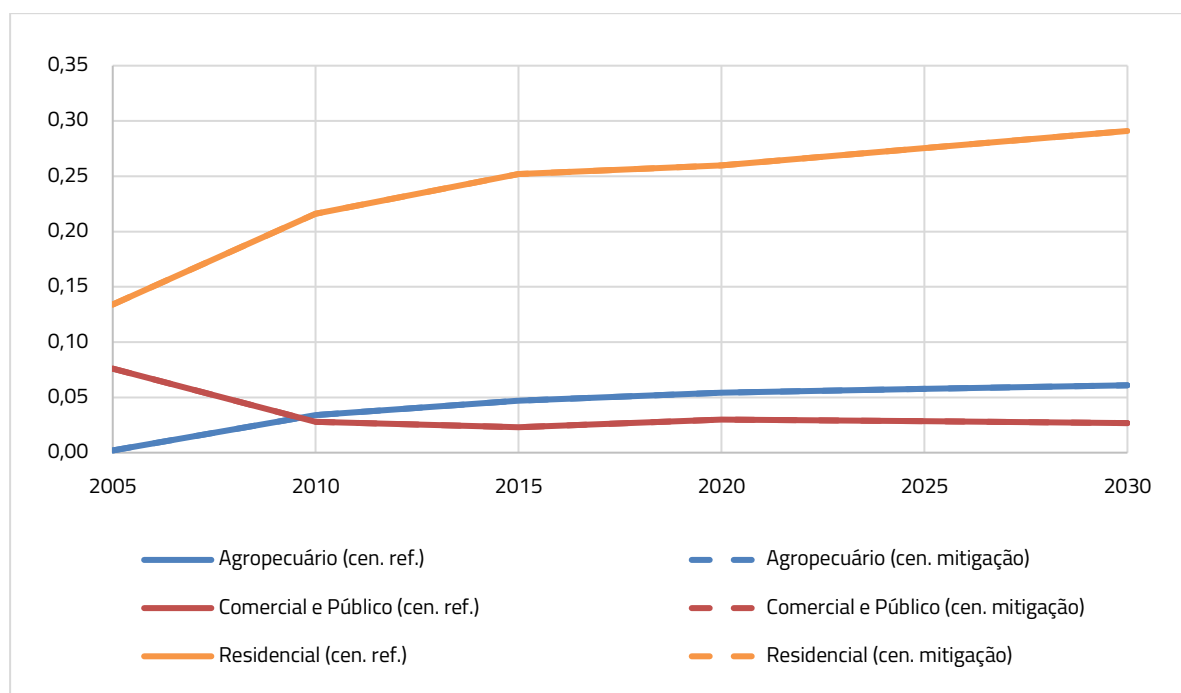


Figura 10 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.2.5 Oferta de energia

A projeção das emissões associadas à oferta de energia no período de 2016 a 2018 se baseou no Balanço Energético Nacional (BEN) para a emissões de centros de transformação e nos resultados do projeto ICAT fase 1 para a produção de combustível e emissões fugitivas. No período de 2019 a 2030 a projeção utilizou as taxas fornecidas pelo Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS.

No cenário de referência os resultados indicam uma tendência de crescimento relativamente estável das emissões no período de 2020 a 2030, após ter sido observada uma forte redução entre 2014 e 2017. Consequentemente, no período como um todo (2005 a 2030), deverá ocorrer um aumento de 56% com as tendências atuais, derivado principalmente do crescimento projetado nas emissões associadas à geração elétrica.

No cenário de mitigação, embora ainda se projete um aumento das emissões associadas à oferta de energia, esta variação deverá ser ligeiramente menor, de aproximadamente 46%. As medidas consideradas neste cenário foram de que não seriam adicionadas novas usinas a combustíveis fósseis além daquelas já contratadas até 2017, e que deve ocorrer uma maior penetração de fontes renováveis na matriz elétrica. Comparando os dois cenários é possível observar que as medidas de mitigação consideradas permitem uma redução de 6% na emissão anual em 2030.

Tabela 15 - Emissões projetadas da oferta de energia no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenários					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Oferta de energia	4,75	6,50	6,30	5,76	7,02	6,65	7,41	6,95	48%	40%	56%	46%
Consumo do setor de energia	0,72	0,60	0,67	0,73	1,08	1,08	1,11	1,11	50%	50%	55%	55%
Centros de transformação	4,03	5,90	5,63	5,03	5,94	5,57	6,30	5,84	47%	38%	56%	45%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

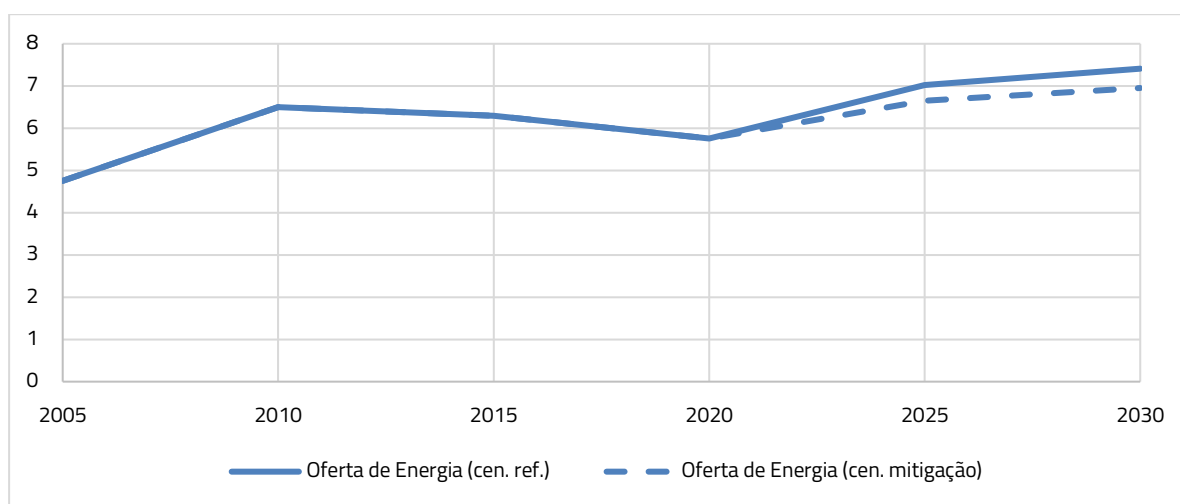


Figura 11 - Emissões projetadas da oferta de energia no estado do Amazonas (Mt CO2e)

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.2.6 Resíduos

A projeção da trajetória de emissões no setor de resíduos para o período de 2019 a 2030 se baseou nas taxas de crescimento das emissões fornecidas pelo Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS. Para resíduos sólidos urbanos e efluentes líquidos foi adotada uma taxa de 5% de crescimento projetada para o Brasil no período, enquanto para os resíduos sólidos industriais foi considerada a taxa de crescimento de 19% de crescimento esperada no setor de alimentos e bebidas. As emissões associadas à incineração se basearam na taxa de crescimento dos resíduos industriais no Brasil.

No cenário de referência é esperado um ligeiro crescimento no período de 2020 a 2030, após um crescimento significativo nos anos anteriores. No período como um todo o crescimento deverá ser de 56%, com destaque para os efluentes líquidos, que passarão a ser a principal fonte de emissões. Ainda dentro desta categoria, o crescimento absoluto das emissões está relacionado principalmente aos efluentes domésticos, embora os efluentes industriais devam apresentar uma maior variação percentual. Com relação aos resíduos sólidos, a disposição em aterros é a principal fonte de emissões e também a que deverá apresentar o maior crescimento absoluto neste cenário.

No cenário de mitigação, embora as projeções ainda indiquem crescimento das emissões, a variação deverá ser de 32% ao longo do período. Essa diferença resulta de medidas como o aumento da disposição de resíduos em aterros com sistemas de captura de biogás, além do uso do metano gerado em estações de tratamento de esgoto e aterros para geração elétrica, como combustível em veículos a gás natural, ou então a destruição do gás.

Tabela 16 - Emissões projetadas do setor de resíduos no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e											
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Resíduos	0.5	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	53%	31%	56%	32%
Resíduos sólidos	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	37%	3%	38%	1%
Resíduos sólidos urbanos	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.3	37%	3%	39%	1%
Outros resíduos sólidos	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.003	7%	87%	19%	163%
Tratamento e descarte de efluentes líquidos	0.2	0.3	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	74%	65%	79%	71%
Efluentes líquidos domésticos	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	53%	45%	55%	47%
Efluentes líquidos industriais	0.02	0.04	0.02	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	323%	305%	370%	352%

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

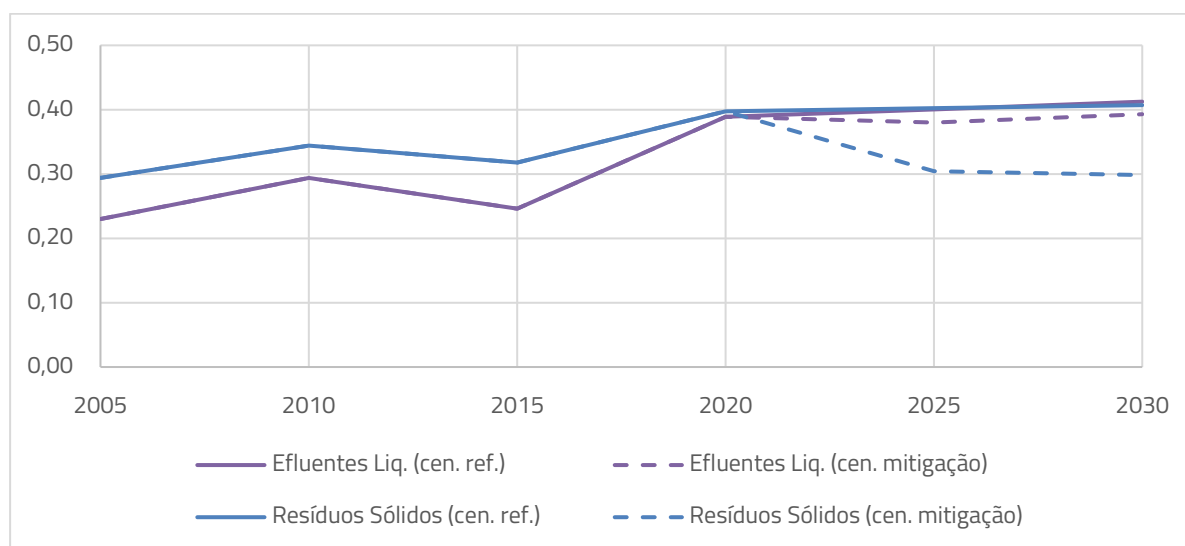


Figura 12 - Emissões projetadas do setor de resíduos no estado do Amazonas (Mt CO₂e)

Fonte: SEEG (2020)

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2018 e projeções de 2019 a 2030.

3.3 Indicadores de MRV

Esta seção apresenta o conjunto de indicadores de MRV proposto para monitorar a trajetória de emissões do estado, tendo como base os resultados dos cenários de referência e de mitigação apresentados acima. O acompanhamento desses indicadores permitirá aos planejadores do estado verificar em quais setores e subsetores são necessárias medidas adicionais de mitigação e, conseqüentemente, uma revisão dos planos e programas para a redução de emissões.

Este conjunto contém dois tipos de indicadores: i) de emissões absolutas; e ii) de intensidade de emissões. Os indicadores de emissões absolutas indicam o montante de emissões em termos de Mt de CO₂e, conforme já apresentado nos resultados dos cenários acima. Por outro lado, os indicadores de intensidade de emissões indicam a razão entre as emissões absolutas e outras variáveis de interesse, como população e PIB. Para sua elaboração, além dos resultados de emissões dos dois cenários, hipóteses adicionais sobre crescimento demográfico, taxas de crescimento do PIB estadual e outros parâmetros relevantes foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020).

A Tabela 17 a seguir apresenta os indicadores utilizados para monitorar a evolução das emissões, tanto para a economia como um todo quanto para cada setor analisado. Os valores mostram que, enquanto as emissões devem crescer 31% no cenário de referência, no cenário de mitigação é projetada uma redução de 233% entre 2005 e 2030, conforme já apresentado acima. Por outro lado, o PIB estadual deverá crescer 80% no mesmo período, e conseqüentemente deverá ocorrer um aumento na intensidade de carbono do PIB no estado no cenário de referência (62%) e uma redução da intensidade no cenário de mitigação (85%). Ao mesmo tempo, a população deverá crescer 49%, fazendo com que a emissão per capita aumente no cenário de referência, enquanto no cenário de mitigação é esperada uma redução.

Tabela 17 – Emissões e indicadores econômicos do estado do Amazonas – Cenários de Referência e Mitigação

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)	
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.
Total do estado	Total de emissões líquidas (Mt CO ₂ e)	-22	-52	-47	-18	-16	-69	-15	-75	28%	-210%	31%	-233%
	Total de emissões sem LULUCF (Mt CO ₂ e)	14	22	20	20	22	17	22	16	50%	15%	55%	13%
	Total de emissões sem remoções (Mt CO ₂ e)	75	68	74	108	110	57	110	56	47%	-23%	47%	-25%
	PIB (R\$ milhões 2015)	60.220	85.588	86.568	83.939	95.896	95.896	108.497	108.497	59%	59%	80%	80%
	Intensidade de carbono do PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	-372	-605	-538	-212	-169	-724	-142	-688	55%	-95%	62%	-85%
	Intensidade de carbono do PIB sem LULUCF (t CO ₂ e /R\$ milhões 2015)	240	259	227	239	226	173	206	150	-6%	-28%	-14%	-38%
	Intensidade de carbono do PIB sem remoções (t CO ₂ e/ R\$)	1,24	0,79	0,85	1,29	1,14	0,60	1,02	0,52	-8%	-52%	-18%	-58%
	População (milhões de pessoas)	3,2	3,6	3,9	4,2	4,5	4,5	4,8	4,8	41%	41%	49%	49%
	Emissões líquidas per capita (total t CO ₂ e/hab.)	-7,0	-14,6	-12,0	-4,2	-3,6	-15,4	-3,2	-15,6	49%	-121%	54%	-123%
	Emissões per capita sem LULUCF (t CO ₂ e /hab.)	4,5	6,2	5,1	4,8	4,8	3,7	4,7	3,4	7%	-18%	4%	-25%
	Emissões per capita sem remoções (t CO ₂ e /hab.)	23	19	19	26	24	13	23	12	4%	-45%	-1%	-50%

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)	
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.
Oferta de energia	Oferta total de energia (Mt CO ₂ e)	4,8	6,5	6,3	5,8	7,0	6,7	7,4	7,0	48%	40%	56%	46%
	Emissões da oferta total de energia sobre o PIB (t CO ₂ e / R\$ milhões 2015)	79	76	73	69	73	69	68	64	-7%	-12%	-13%	-19%
Transporte	Emissões de transporte (Mt CO ₂ e)	1,6	2,6	2,6	2,7	3,1	2,8	3,4	2,5	96%	76%	113%	59%
	Emissões de transportes/PIB (t CO ₂ e / R\$ milhões 2015)	26,4	30,2	29,6	32,7	32,4	29,1	31,1	23,3	23%	10%	18%	-12%
Indústria	Emissões da indústria – energia e IPPU (Mt CO ₂ e)	0,39	0,40	0,29	0,19	0,22	0,21	0,24	0,22	-44%	-46%	-37%	-43%
	Valor agregado da indústria (R\$ milhões 2015)	21.678	30.221	24.231	24.261	29.351	29.351	33.208	33.208	35%	35%	53%	53%
	Emissões da indústria/PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	6,5	4,6	3,3	2,3	2,3	2,2	2,3	2,0	-65%	-66%	-65%	-68%
	Emissões da indústria/VA da indústria (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	17,9	13,1	11,9	8,0	7,5	7,1	7,4	6,7	-58%	-60%	-59%	-63%
Outros setores de uso de energia	Emissões Públicas e comerciais (Mt CO ₂ e)	0,076	0,028	0,023	0,030	0,028	0,028	0,027	0,027	-63%	-63%	-65%	-65%
	Emissões Públicas e comerciais/PIB (t CO ₂ e / R\$ milhões 2015)	1,26	0,33	0,27	0,36	0,30	0,30	0,25	0,25	-77%	-77%	-80%	-80%
	Emissões domésticas (Mt CO ₂ e)	0,13	0,22	0,25	0,26	0,28	0,28	0,29	0,29	105%	105%	117%	117%
	Emissões domésticas per capita (kg CO ₂ e/hab.)	42	61	65	62	61	61	61	61	46%	46%	45%	45%

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)	
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.
	Emissões de energia da agropecuária (Mt CO ₂ e)	0,002	0,034	0,047	0,054	0,058	0,058	0,061	0,061	2783%	2783%	2947%	2947%
AFOLU	Emissões líquidas de AFOLU (Mt CO ₂ e)	-30	-62	-57	-28	-28	-80	-28	-85	7%	-168%	8%	-186%
	Emissões brutas de AFOLU (Mt CO ₂ e)	67	57	64	98	98	47	98	45	46%	-31%	46%	-33%
	Emissões de AFOLU/VA da agropecuária (kt CO ₂ e /R\$ milhões 2015)	-15,9	-19,9	-9,8	-6,0	-4,6	-13,4	-4,1	-12,7	71%	15%	74%	20%
LULUCF	Emissões líquidas de LULUCF (Mt CO ₂ e)	-37	-74	-66	-38	-38	-86	-38	-91	-3%	-134%	-2%	-147%
	Emissões de LULUCF/PIB (t CO ₂ e /R\$ milhões 2015)	-612	-864	-765	-451	-395	-897	-348	-838	35%	-47%	43%	-37%
	Emissões de LULUCF/VA da agropecuária (t CO ₂ e / R\$)	-19,6	-23,7	-11,4	-8,2	-6,3	-14,4	-5,6	-13,5	68%	26%	71%	31%
Agropecuária	Total de emissões da agropecuária (Mt CO ₂ e)	7,0	11,8	9,6	10,2	10,2	5,9	10,1	5,5	46%	-16%	45%	-22%
	Total de emissões da agropecuária, incluindo uso de energia (Mt CO ₂ e)	7,0	11,8	9,7	10,3	10,2	5,9	10,2	5,5	47%	-15%	46%	-21%
	Valor agregado da agropecuária (R\$ milhões 2015)	1.884	3.120	5.793	4.624	5.965	5.965	6.749	6.749	217%	217%	258%	258%
	Total de emissões da agropecuária, incluindo uso de energia) /VA da agropecuária (t CO ₂ e /milhões de 2015)	3,70	3,78	1,67	2,23	1,72	1,09	1,51	0,82	-54%	-73%	-59%	-78%

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)	
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.
	Emissões da pecuária / VA da agropecuária (t CO ₂ e / milhões de 2015)	961	651	340	450	345	331	301	253	-64%	-66%	-69%	-74%
Resíduos	Emissões de resíduos (Mt CO ₂ e)	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	53%	31%	56%	32%
	Emissões de resíduos per capita (t CO ₂ e / hab.)	0,16	0,18	0,15	0,19	0,18	0,15	0,17	0,14	9%	-7%	5%	-12%
	Total de emissões de resíduos sólidos (Mt CO ₂ e)	0,29	0,34	0,32	0,40	0,40	0,30	0,41	0,30	37%	3%	38%	1%
	Total de emissões per capita de resíduos sólidos (kg CO ₂ e/hab.)	92	97	82	94	89	67	85	62	-3%	-26%	-7%	-32%
	Total de emissões de efluentes líquidos (Mt CO ₂ e)	0,23	0,29	0,25	0,39	0,40	0,38	0,41	0,39	74%	65%	79%	71%
	Total de emissões per capita de efluentes líquidos (kg CO ₂ e/hab.)	72	83	63	92	89	84	86	82	24%	18%	20%	14%

Fonte: SEEG (2020) para os dados históricos; elaboração própria para as projeções.

3.4 Síntese do estado do Amazonas

O Amazonas é um dos estados mais relevantes no Brasil quando se trata de mudanças climáticas. O estado é terceiro maior emissor de GEE no país segundo dados do SEEG, sendo o setor AFOLU o principal responsável por esta colocação. Por outro lado, o Amazonas possui também diversos programas e compromissos com o objetivo de mitigar as emissões e promover o desenvolvimento sustentável em seu território, sendo um dos estados que recebe maior atenção das organizações no Brasil e no mundo.

A avaliação das emissões setoriais históricas mostrou que entre 2005 e 2018 houve uma redução nas emissões líquidas no estado. Este valor já era negativo no início da série histórica, com -22,4 Mt de CO₂e em 2005, atingiu o valor mínimo de -67,4 Mt de CO₂e em 2009, mas voltou a subir principalmente após 2014, fechando a série com -24 Mt de CO₂e em 2018, uma variação de -7,5% no período como um todo. A evolução das emissões no estado é dominada pelo setor LULUCF, que ao longo de toda a série respondeu pela maior parcela das emissões e teve uma variação de -25,5% entre 2005 e 2018. Este resultado decorre em sua maior parte do aumento das remoções em áreas protegidas, embora o estado também tenha apresentado um crescimento das emissões brutas nesse setor devido ao aumento no desmatamento após 2014. Os demais setores, embora tenham apresentado variações percentuais grandes no período, possuem uma relevância menor quando comparados a LULUCF.

A projeção das emissões do estado até 2030 através dos cenários de referência e mitigação mostraram que há um grande potencial para a redução das emissões do estado, em especial no setor LULUCF com a redução do desmatamento. Enquanto seguindo as tendências atuais esse setor deverá aumentar as emissões em relação aos níveis de hoje, no cenário de mitigação é esperada uma queda acentuada. Devido ao grande peso desse setor, as emissões totais do estado seguem a mesma trajetória, apresentando uma grande diferença nos resultados dos dois cenários.

Além dos indicadores de emissões absolutas apresentados na descrição dos cenários, foram elaborados indicadores de intensidade de emissões, que relacionam a emissão absoluta com outras variáveis de interesse. Os resultados mostraram que, diante de uma projeção de crescimento de 80% do PIB no período, a intensidade de carbono do PIB no estado deverá crescer 62% no cenário de referência, enquanto no de mitigação esse indicador deverá apresentar uma queda de 85% em 2030 quando comparado a 2005. O mesmo padrão é observado na emissão total per capita, considerando a projeção de crescimento de 49% da população no período.

Como foi apresentado, o estado do Amazonas tem uma grande parcela das suas emissões oriundas do setor AFOLU, e mais especificamente no subsetor LULUCF devido ao desmatamento. Consequentemente, a evolução das emissões do estado é fortemente influenciada pela dinâmica desse setor. Desta forma, os resultados observados para o Amazonas e os indicadores de MRV identificados são relevantes para estados que possuem um perfil de emissões semelhante, assim como as ações de mitigação consideradas.

A full-page background image featuring a dramatic sky at sunset or sunrise. The sky is filled with large, dark, textured clouds that are illuminated from below by the sun, creating a golden glow. The sun is partially obscured by the branches of a large, dark tree in the foreground. The foreground consists of a field of tall grass and some distant hills. A blue banner with a pointed left edge is positioned on the right side of the image, containing the text 'MINAS GERAIS' in white, bold, sans-serif capital letters.

MINAS GERAIS

4 Estado de Minas Gerais

O estado de Minas Gerais ocupa a 5ª colocação no país em termos de emissões de gases do efeito estufa, sendo o setor agropecuário o principal emissor no estado, mas também com participação relevante dos setores de energia, indústria e uso da terra (SEEG, 2020). Desta forma, Minas Gerais foi selecionado como estado-piloto para esta segunda fase do Projeto ICAT por ser representativo de estados com um perfil diversificado de emissões de GEE.

Minas Gerais é historicamente um dos estados mais engajados na agenda climática, se destacando no Brasil pelos seus compromissos assumidos com as questões climáticas. Em 2005, a criação do Fórum Mineiro de Mudanças Globais do Clima marcou efetivamente a entrada do tema na agenda governamental. Posteriormente, em 2008 foi apresentado o primeiro Inventário de Emissões de GEE no Estado de Minas Gerais, tendo 2005 como ano base, e um segundo inventário foi lançado em 2013 para o ano base de 2010. O estado preparou ainda um terceiro inventário, com ano base 2014, que foi publicado em 2016.

Em 2015 foi lançado o Plano Mineiro de Energia e Mudanças Climáticas (PEMC), com diretrizes para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas de modo a garantir a transição para uma economia de baixo carbono e desenvolvimento sustentável. O PEMC apresentou um cenário de baixo carbono com uma meta de redução de 9,4% nas emissões de GEE no ano de 2030 em comparação às tendências predominantes à época. Em 2016, Minas Gerais passou a integrar oficialmente a lista de governos subnacionais que se comprometem com a transparência dos dados de emissões de gases de efeito estufa periodicamente.

Além das políticas e instrumentos amplos mencionados, o estado vem adotando também ações específicas para diferentes setores, como energias renováveis (solar e eólica), prevenção e combate a incêndios florestais, programa de registro voluntário de emissões, proteção à floresta e biodiversidade, entre outros. Desde o início do projeto a Fundação Estadual do Meio Ambiente (Feam) vem sendo uma parceira imprescindível para a sua execução, tendo contribuído de forma relevante em todas as suas etapas.

4.1 Avaliação das emissões setoriais históricas do estado

Conforme mencionado, o estado de Minas Gerais publicou até hoje três inventários de emissões com anos base 2005, 2010 e 2014, o que permitiu realizar a análise das emissões históricas desse período. Os inventários do estado seguem a metodologia do IPCC (2006), sendo adaptada às características do estado quando necessário. Dessa forma, as estimativas se dividiram em quatro setores:

- **Agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU)** – contém emissões e remoções que resultam da variação na quantidade de biomassa em áreas de vegetação, considerando os biomas Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, da fermentação entérica em rebanhos, do manejo de dejetos animais, de solos agrícolas, calagem, cultivo de arroz e da queima de resíduos florestais;
- **Energia** – contém emissões da queima de combustíveis e da emissão fugitiva. As emissões decorrentes do processo de redução nas siderurgias foram contabilizadas no setor industrial (IPPU);
- **Processos industriais e uso de produto (IPPU)** – contém emissões de processos produtivos nas indústrias química (amônia), metalúrgica (alumínio, magnésio, ferroligas e siderurgia) e de produtos minerais (cimento e cal);
- **Resíduos** – contém emissões associadas à disposição e tratamento de resíduos, incluindo compostagem, incineração e tratamento de efluentes domésticos e industriais.

As análises incluíram as emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hexafluoreto de enxofre (SF_6), hexafluoretano (C_2F_6) e o tetrafluorometano (CF_4), conforme a Tabela 18 - a seguir. A emissão total de GEE está expressa em termos de dióxido de carbono equivalente (CO_2e) com base no Potencial de Aquecimento Global do AR5 do IPCC (IPCC, 1995; 2013).

Tabela 18 – Gases do Efeito Estufa contabilizados no estado de Minas Gerais, por setor

Setor	AFOLU	Energia	IPPU	Resíduos
Gases	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
	CH ₄	CH ₄	CH ₄	CH ₄
	N ₂ O	N ₂ O	N ₂ O	N ₂ O
			SF ₆	
			C ₂ F ₆	
			CF ₄	

Com base nos dados do terceiro Inventário de Emissões do Estado de Minas Gerais foi possível observar que a principal fonte de emissões de GEE no estado em 2014 foi o setor AFOLU, com destaque para a agropecuária, tendo o setor de energia como segundo maior emissor. Ao longo do período de 2005 a 2014 houve um aumento de 23,7% nas emissões do estado (desconsiderando o setor LULUCF, uma vez que não há dados para este setor entre 2005 e 2009). No período de 2010 a 2014, quando todos os setores foram contabilizados, o crescimento das emissões do estado foi de 13,2%.

O setor de resíduos se destacou pelo crescimento de 121,9% entre 2005 e 2014, o maior aumento dentre os setores analisados, enquanto os setores de agricultura, energia e IPPU apresentaram um aumento nas emissões de, respectivamente, 13,8%, 35,2%, 5,9%. No setor LULUCF houve um crescimento de 45,1% nas emissões entre 2010 e 2014.

Tabela 19 – Emissões históricas do estado de Minas Gerais por setor (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005-2014
	Mt CO ₂ e										%
Agropecuária	42,90	46,70	44,60	44,00	44,40	45,51	48,37	48,72	48,92	48,83	13,82%
Energia	34,05	34,28	36,70	38,19	35,32	40,03	42,88	44,28	45,36	46,05	35,24%
LULUCF	-	-	-	-	-	18,09	56,04	51,19	23,48	26,25	45,11%*
IPPU	19,39	19,75	20,87	21,90	18,21	22,08	22,07	22,32	22,30	20,53	5,88%
Resíduos	3,79	3,74	3,83	5,73	6,04	6,84	7,07	7,65	8,23	8,41	121,90%
Total sem LULUCF	100,13	104,47	106,00	109,82	103,97	114,46	120,39	122,97	124,81	123,82	23,66%
Total com LULUCF	-	-	-	-	-	132,55	176,43	174,16	148,29	150,07	13,22%*

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

*2014/2010 (%)

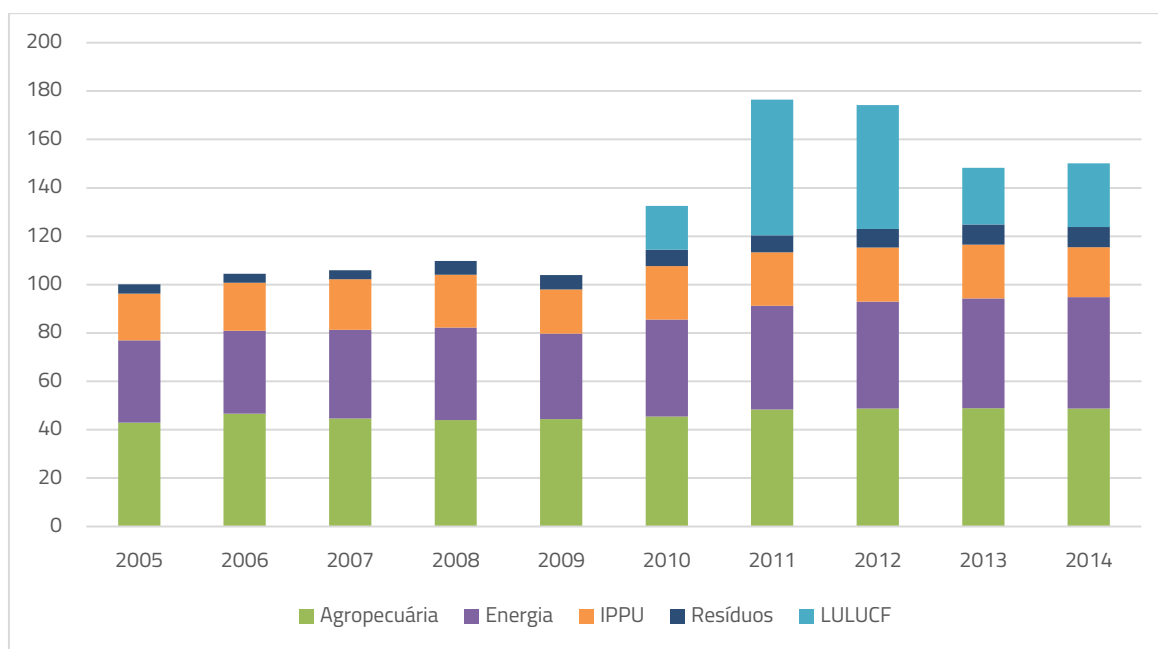


Figura 13 - Emissões históricas do estado de Minas Gerais por setor (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados de LULUCF disponíveis apenas a partir de 2010.

4.1.1 Agricultura, florestas e outros usos do solo

As emissões líquidas do setor AFOLU aumentaram 18% entre 2010 e 2014, sendo o maior aumento observado entre 2010 e 2014, conforme mostrado na Tabela 20. Contudo, é importante novamente observar que as emissões associadas a LULUCF apenas começaram a ser contabilizadas a partir de 2010 e cresceram 45,1% até 2014, o que influencia essa trajetória de crescimento das emissões.

Na agricultura o crescimento das emissões foi de 22,2% no período, principalmente devido à categoria de solos agrícolas, que apresentou o maior crescimento absoluto (3 Mt de CO₂e), embora o maior crescimento percentual tenha sido associado à calagem (104%). As emissões associadas ao cultivo de arroz e à queima de resíduos agrícolas, por outro lado, diminuíram no período, embora possuam pouca relevância no total do setor. A pecuária apresentou um aumento das emissões mais modesto (8,6%), influenciado principalmente pelo crescimento das emissões associadas à fermentação entérica.

Tabela 20 - Emissões históricas do setor AFOLU no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005-2014
	Mt CO ₂ e										%
LULUCF	0	0	0	0	0	18,09	56,04	51,19	23,48	26,25	45,1%*
Agropecuária	42,9	46,79	44,59	44,06	44,5	45,5	48,46	48,68	48,93	48,8	13,8%
Agricultura	16,2	18,09	17,59	17,16	17,2	17,9	19,36	19,58	19,43	19,8	22,2%
Calagem	0,99	1,47	1,3	1,33	0,87	1,63	1,89	2	1,85	2,02	104,0%
Cultivo de arroz	0,32	0,25	0,25	0,19	0,17	0,13	0,12	0,02	0,02	0,02	-93,8%
Queima de resíduos agrícolas	0,29	0,37	0,44	0,54	0,66	0,14	0,15	0,16	0,16	0,16	-44,8%
Solos agrícolas	14,6	16	15,6	15,1	15,5	16	17,2	17,4	17,4	17,6	20,5%
Pecuária	26,7	28,7	27	26,9	27,3	27,6	29,1	29,1	29,5	29	8,6%
Fermentação entérica	24,8	26,7	25	24,8	25,1	25,4	26,7	26,7	27	26,5	6,9%
Manejo de dejetos	1,92	2,02	2,04	2,06	2,15	2,23	2,36	2,39	2,5	2,53	31,8%
Total	42,9	46,79	44,59	44,06	44,5	63,59	104,5	99,87	72,41	75,05	18,0%*

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

*Apenas variação de 2010-2014

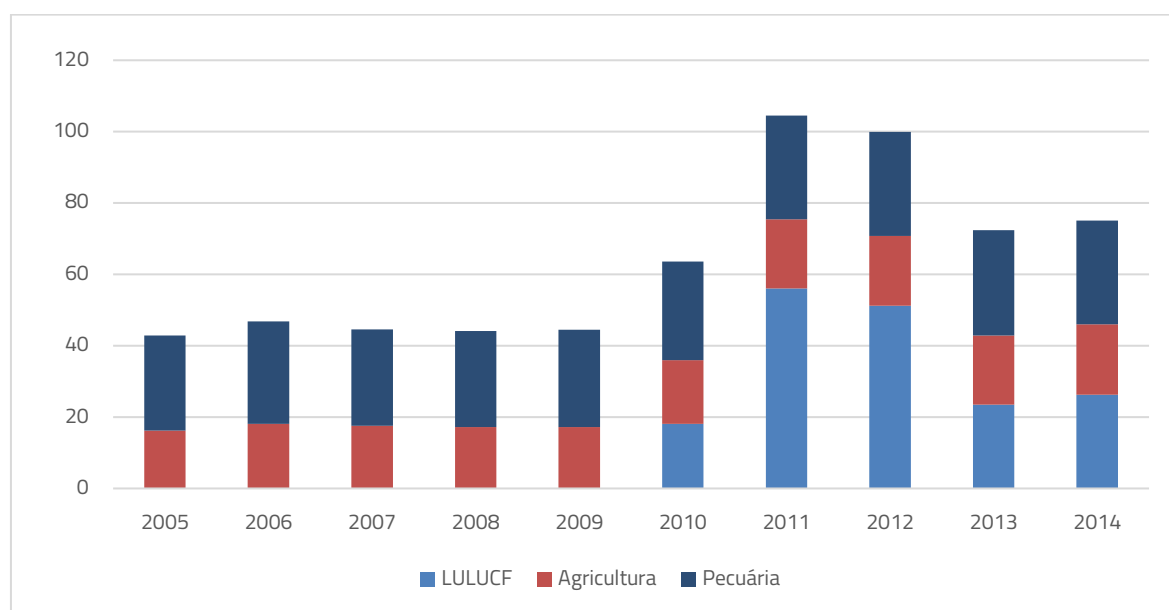


Figura 14 - Emissões históricas do setor AFOLU no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

4.1.2 Energia

O setor de energia compreende as atividades de produção e consumo de energia, incluindo tanto as emissões decorrentes da queima direta de combustíveis quanto os vazamentos nas

cadeias de produção, transformação, distribuição e consumo. A principal fonte de emissões no estado é o setor de transporte (que responde por mais da metade), seguido pelo setor industrial e pela oferta de energia.

No período analisado, houve um aumento de 35% nas emissões do setor de uso de energia, o qual foi alavancado pelo aumento de 59% nas emissões do setor de transportes. Dentro deste setor, embora os modais de transporte aéreo (204%) e ferroviário (75%) tenham apresentado um crescimento percentual maior, o aumento das emissões se deve principalmente ao modal rodoviário. Os demais setores também apresentaram crescimento nas emissões associadas ao uso de energia, com destaque para a indústria e a oferta de energia, com exceção do setor residencial, que foi o único que diminuiu as emissões entre 2005 e 2014, apresentando queda de 26%.

Tabela 21 – Emissões históricas do setor de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005-2014
	Mt CO ₂ e										%
Agricultura	1,62	1,64	1,6	1,81	1,71	1,76	1,78	1,88	1,89	1,8	11%
Comércio	0,09	0,09	0,1	0,1	0,11	0,1	0,11	0,09	0,09	0,09	0%
Oferta de energia	5,1	5,39	5,02	5,69	4,12	5,53	5,4	6,27	5,85	5,93	16%
Carvão	2,13	2,26	2	2,02	1,42	1,9	1,89	2,17	1,98	2,04	-4%
Usinas autoprodutoras de energia	1,26	1,25	1,32	1,51	1,2	1,78	2,15	2,19	1,76	1,77	40%
Usinas de energia elétrica do serviço público	0,33	0,49	0,33	0,76	0,18	0,56	0,05	0,56	0,9	0,9	173%
Consumo próprio em centros de transformação	1,37	1,39	1,38	1,4	1,31	1,29	1,31	1,35	1,22	1,22	-11%
Indústria	8,18	8,17	9,06	9,1	8,42	9,49	10,39	10,06	9,97	9,93	21%
Alimentos e bebidas	0,55	0,59	0,6	0,62	0,62	0,7	0,68	0,69	0,7	0,69	25%
Cal	0,63	0,62	0,66	0,66	0,57	0,7	0,72	0,67	0,65	0,62	-2%
Cerâmica	0,33	0,32	0,36	0,36	0,34	0,38	0,4	0,42	0,42	0,42	27%
Cimento	1,66	2,16	2,7	2,66	3	3,19	3,5	3,36	3,35	3,88	134%
Ferroligas	0,11	0,12	0,11	0,11	0,1	0,1	0,06	0,06	0,04	0,05	-55%

Mineração e pelotização	0,83	0,9	1	0,99	0,75	0,91	0,91	0,91	0,84	0,85	2%
Metais não ferrosos e outros	0,43	0,42	0,45	0,44	0,39	0,45	0,57	0,57	0,57	0,5	16%
Outros aços	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0%
Papel e celulose	0,33	0,23	0,21	0,19	0,15	0,18	0,26	0,26	0,27	0,26	-21%
Química	0,44	0,46	0,49	0,48	0,42	0,49	0,5	0,52	0,52	0,51	16%
Têxtil	0,37	0,36	0,37	0,38	0,33	0,38	0,37	0,37	0,37	0,36	-8%
Siderurgia integrada	2,23	1,7	1,79	1,88	1,45	1,68	2,09	1,92	1,93	1,51	-32%
Outras indústrias	0,23	0,22	0,24	0,26	0,24	0,26	0,26	0,25	0,25	0,24	4%
Público	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0%
Residencial	2,43	2,42	2,39	2,45	2,47	1,85	1,84	1,85	1,84	1,79	-26%
Transportes	16,63	16,55	18,51	19,03	18,47	21,28	23,35	24,12	25,71	26,52	59%
Aéreo	0,28	0,32	0,34	0,4	0,48	0,6	0,76	0,87	0,86	0,85	204%
Ferrovário	0,36	0,38	0,38	0,41	0,38	0,57	0,65	0,73	0,71	0,63	75%
Rodoviário	15,99	15,86	17,8	18,21	17,61	20,11	21,94	22,52	24,14	25,04	57%
Total	34,05	34,28	36,7	38,19	35,32	40,03	42,88	44,28	45,36	46,05	35%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

4.1.3 Indústria (processos industriais e uso de produto – IPPU)

O setor industrial se subdivide em três subsetores: mineral, metalúrgico e químico. Dentre estes, a principal fonte de emissões no estado é a indústria metalúrgica, embora a indústria mineral venha crescendo em participação ao longo dos anos. Já a indústria química apresenta uma participação pequena nas emissões totais do setor.

Ao longo do período as emissões totais do setor industrial do estado apresentaram uma trajetória de crescimento quase contínuo, culminando em um aumento de 5% entre 2005 e 2014. Contudo, esse crescimento se deve exclusivamente ao setor de indústrias minerais, que apresentou uma variação de 51%, enquanto nos setores metalúrgico e químico a variação foi negativa. A evolução das emissões na indústria mineral se deve à produção de cimento, que apresentou uma variação de 61% no período. Já na indústria metalúrgica a queda das emissões ocorreu tanto pela redução na produção quanto pela substituição do hexafluoreto de enxofre (SF₆) pelo dióxido de enxofre (SO₂).

Tabela 22 – Emissões históricas do setor de IPPU no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005-2014
	Mt CO ₂ e										%
IPPU	19,52	19,54	20,72	21,85	18,17	22,03	22,09	22,45	22,47	20,5	5%
Minerais	6,17	6,72	7,2	7,82	7,56	8,58	9,27	9,68	9,5	9,31	51%
Metais	13,34	12,81	13,51	14,02	10,6	13,44	12,81	12,76	12,96	11,18	-16%
Química	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	-8%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

4.1.4 Resíduos

O setor de resíduos inclui as emissões associadas a resíduos sólidos (urbanos e industriais) e efluentes líquidos (domésticos e industriais). Dentre estas categorias, a principal fonte de emissões no estado em 2014 foi a de resíduos sólidos urbanos, seguida pelos efluentes líquidos industriais, efluentes líquidos domésticos e, por último, os resíduos sólidos industriais.

As emissões do setor como um todo aumentaram 121% entre 2005 e 2014, principalmente em virtude do aumento de 178% nas emissões relacionadas aos resíduos sólidos urbanos, de 90% nos efluentes líquidos domésticos, e de 55% para os efluentes líquidos industriais, conforme apresenta a Tabela 23. Por outro lado, as emissões oriundas dos resíduos sólidos industriais diminuiu 62% no mesmo período.

Tabela 23 – Emissões históricas do setor de resíduos no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005-2014
	Mt CO ₂ e										%
Resíduos sólidos urbanos	1,34	1,24	1,14	1,42	2,93	3,13	3,28	3,94	3,59	3,72	178%
Depósito aberto	0,76	0,7	0,64	0,8	0,48	0,5	0,45	0,47	0,42	0,41	-46%
Compostagem	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	300%
AAF	0	0	0	0	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,04	-56%
Aterro	0	0	0	0	1,72	1,94	2,1	2,71	2,5	2,65	54%*
Local de despejo profundo não gerenciado	0,57	0,52	0,48	0,6	0,61	0,57	0,62	0,65	0,57	0,58	2%
Resíduos sólidos industriais	0	0	0	1,5	0,11	0,21	0,11	0,07	0,57	0,57	-62%**

Fontes de emissão	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2005-2014
	Mt CO ₂ e										%
Efluentes líquidos domésticos	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	1,29	1,29	1,29	1,65	1,65	90%
Efluentes líquidos industriais	1,58	1,63	1,82	1,93	2,06	2,16	2,33	2,31	2,37	2,45	55%
Total	3,79	3,74	3,83	5,72	5,97	6,79	7,01	7,61	8,18	8,39	121%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

* Variação entre 2009-2014, uma vez que não há dados disponíveis antes de 2009.

** Variação entre 2007-2014, uma vez que não há dados disponíveis antes de 2009.

4.2 Cenários para a trajetória de emissões do estado

Os cenários de referência e de mitigação para Minas Gerais foram construídos para o período após 2014, que é o ano base do inventário mais recente publicado pelo estado. No cenário de referência, para o período de 2015 a 2018, foram utilizadas hipóteses de crescimento das emissões derivadas da primeira fase do projeto ICAT, enquanto a partir de 2019 foram aplicadas as premissas do Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS. Para o cenário de mitigação foram utilizadas as taxas obtidas no Cenário C (balanceado) da primeira fase do projeto ICAT.

Os resultados do cenário de referência apontam que as emissões do estado devem apresentar um crescimento de 34% em 2030 quando comparado a 2005, caso sejam mantidas as tendências atuais. Esse aumento ocorre principalmente nos setores de transportes e de AFOLU, embora neste último quase todo o aumento ocorra entre 2015 e 2020 no setor LULUCF. Também são esperadas variações relevantes na indústria e nos resíduos, com este último setor apresentando o maior crescimento de todos (154%).

No cenário de mitigação os resultados indicam ainda um aumento das emissões, embora menor, com uma variação de 18% em relação a 2005. A diferença em relação ao cenário anterior ocorre principalmente nos transportes e na agropecuária, mais especificamente na pecuária, embora também haja um potencial de mitigação na indústria. Comparando as emissões dos dois

cenários em 2030 pode-se perceber que as medidas de mitigação permitem uma redução de 12,6% nas emissões anuais no final do período.

Tabela 24 - Emissões projetadas no estado de Minas Gerais por setor entre 2005 e 2030 (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	MtCO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
AFOLU	61,0	63,6	62,3	78,3	78,0	76,7	77,7	71,6	28%	26%	27%	17%
Transporte	16,7	21,2	24,4	23,1	25,5	21,6	27,7	19,4	53%	32%	67%	17%
Indústria	28	32	29	28	32	29	35	31	15%	5%	28%	10%
Outros setores de uso de energia	4.2	3.7	3.7	3.7	3.9	3.9	4.2	4.2	-6%	-6%	1%	1%
Oferta de energia	5.1	5.5	5.3	3.5	4.0	3.8	4.2	4.2	-22%	-25%	-17%	-17%
Resíduos	3.8	6.8	8.7	8.8	9.2	8.5	9.6	9.2	142%	123%	154%	142%
Total	118	132	134	146	152	144	159	139	29%	22%	34%	18%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

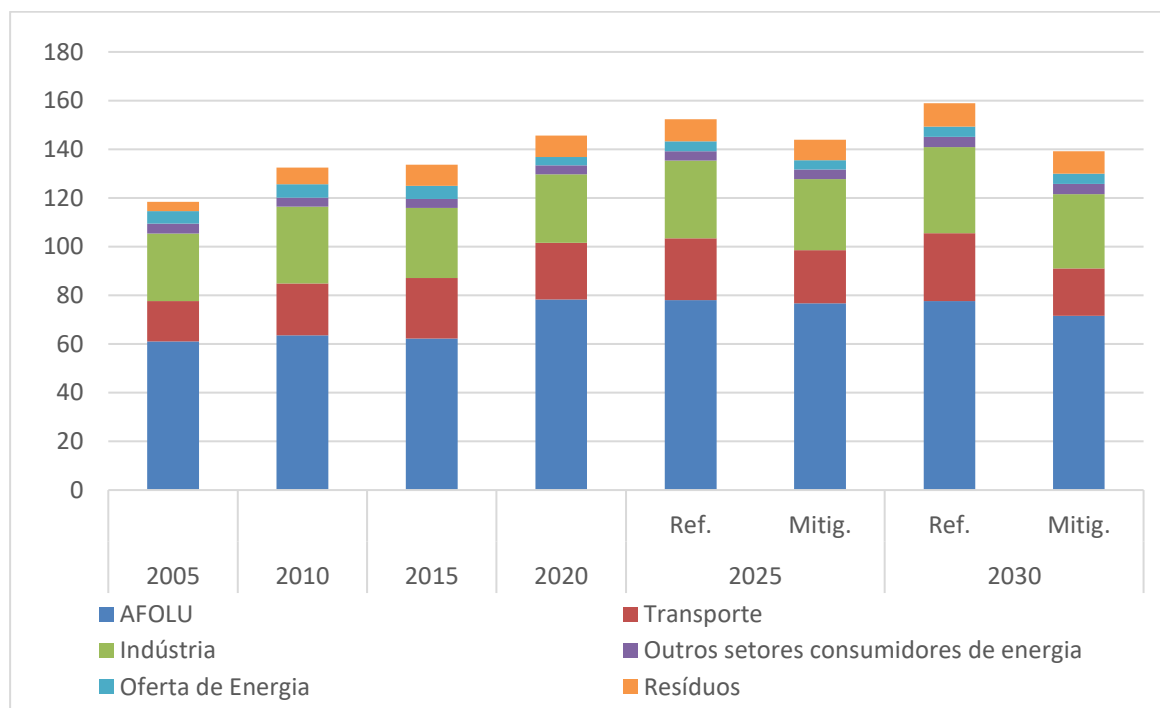


Figura 15 - Emissões projetadas no estado de Minas Gerais por setor entre 2005 e 2030 (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.2.1 Agricultura, florestas e outros usos do solo

O setor de agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU) inclui emissões de dois subsetores: LULUCF (uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas); e agropecuária. As emissões associadas a florestas e outros usos da terra são cobertas em LULUCF, enquanto a agropecuária abrange as emissões relativas à agricultura (solos agrícolas, queima de resíduos agrícolas e carbono no solo) e pecuária (fermentação entérica e manejo de dejetos).

No cenário de referência as emissões desse setor devem seguir a tendência de crescimento observada entre 2005 e 2014. Os resultados indicam que as emissões líquidas anuais de AFOLU no estado devem passar de 61 Mt de CO₂e em 2005 para 77,7 Mt de CO₂e em 2030, um aumento de 27%. Por outro lado, no cenário de mitigação a expectativa é de que a emissão anual no final do período seja de 71,6 Mt de CO₂e, representando um aumento de 17% em relação a 2005. Essa diferença entre os dois cenários ocorre principalmente no subsetor agropecuário devido à adoção de práticas como a intensificação da produtividade dos rebanhos. Ao se comparar os números dos dois cenários em 2030, os resultados do cenário de mitigação de AFOLU representam uma redução de 7,8% nas emissões em relação ao cenário de referência.

Tabela 25 - Emissões projetadas no setor AFOLU do estado de Minas Gerais (Mt CO2e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
AFOLU	61,02	63,63	62,31	78,33	78,00	76,68	77,67	71,60	28%	26%	27%	17%
LULUCF (emissões líquidas)	18,10	18,10	13,80	28,91	28,91	28,90	28,91	28,77	60%	60%	60%	59%
Agropecuária	42,92	45,53	48,51	49,42	49,09	47,77	48,75	42,83	14%	11%	14%	0%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

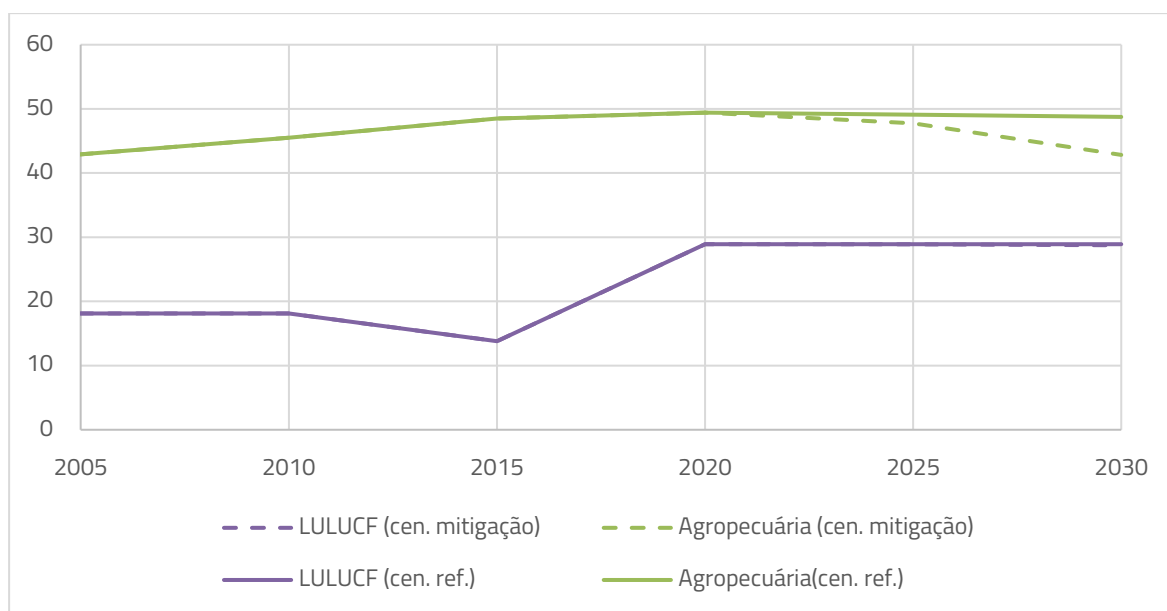


Figura 16 – Emissões projetadas no setor AFOLU do estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.2.1.1 Uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas (LULUCF)

Os dados de emissões relativas a LULUCF no estado estão disponíveis apenas para o período após 2010 no inventário estadual. Desta forma, visando obter uma base de comparação, considerou-se que a emissão nos anos anteriores (2005 a 2009) foram constantes e iguais à daquele ano. Houve um pico de emissões em 2011, com uma posterior queda significativa até 2014, quando observou-se novamente um aumento.

No cenário de referência a projeção da trajetória de emissões se baseou na média anual de emissões associadas ao desmatamento entre 2010 e 2016, que foi de 31,7 Mt de CO₂e, mantendo este valor constante até o final do período. A remoção de carbono foi também mantida constante no período com o valor de 2,8 Mt de CO₂e, resultando assim em uma emissão líquida anual em 2030 de 28,9 Mt de CO₂e, ou seja, um aumento de quase 60% em relação a 2005.

No cenário de mitigação os resultados mostram uma expectativa de que em 2030 as emissões brutas alcancem 31,7 Mt de CO₂e por ano, enquanto a remoção anual será de 2,95 Mt de CO₂e, um pouco acima do valor projetado no cenário de referência. Consequentemente, a

emissão líquida projetada no final do período é de 28,75 Mt de CO₂e, apresentando pouca diferença em relação ao cenário anterior.

Tabela 26 - Emissões projetadas de LULUCF do estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
LULUCF (emissões líquidas)	18,10	18,10	13,80	28,91	28,91	28,90	28,91	28,75	60%	60%	60%	59%
Emissões brutas de LULUCF	20,90	20,90	16,60	31,71	31,71	31,71	31,71	31,71	52%	52%	52%	52%
Remoções de LULUCF	-2,80	-2,80	-2,80	-2,80	-2,80	-2,80	-2,80	-2,90	0%	0%	0%	5%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.2.1.2 Agropecuária

No cenário de referência a projeção da trajetória de emissões da agropecuária até 2030 se baseou na média anual de emissões entre 2005 e 2014 em cada subsetor (agricultura e pecuária) e nas taxas de crescimento das emissões para o Brasil de acordo com o projeto ICAT fase 1 (para o período de 2015 a 2018) e com o Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS (para 2019 a 2030).

Na agricultura as emissões derivam quase integralmente da categoria de solos agrícolas, na qual é esperado um crescimento de 19% no período conforme o cenário de referência. Consequentemente, o subsetor agrícola deverá ter um aumento de 21% nas emissões entre 2005 e 2030 neste cenário. Por outro lado, a pecuária tem como principal fonte de emissões a fermentação entérica, a qual deverá crescer, no cenário de referência, 6% no mesmo período. Considerando também um crescimento significativo das emissões associadas ao manejo de dejetos, projeta-se um crescimento de 9% das emissões da pecuária até 2030 no cenário de referência.

No cenário de mitigação, com a adoção de atividades menos intensivas em carbono, as emissões da agropecuária devem diminuir entre 2015 e 2030, voltando ao mesmo nível de 2005, ou seja, com uma variação percentual nula no período como um todo. Na agricultura, embora se projete uma redução percentual significativa nas emissões associadas à rizicultura e à queima de resíduos agrícolas, estas categorias têm pouca relevância. Consequentemente, mesmo neste cenário há um aumento de 12% das emissões no subsetor agrícola em 2030, quando comparado a 2005, devido às categorias de solos agrícolas e calagem, embora a tendência seja de redução a partir de 2020. Por outro lado, na pecuária a adoção de medidas de intensificação da produtividade do rebanho, como o manejo de pastos, melhorias genéricas e redução da idade de abate, levam a um corte mais significativo das emissões ao longo desta década, resultando em uma queda de 8% entre 2005 e 2030. Esta diminuição está associada à fermentação entérica, enquanto no manejo de dejetos a projeção é de aumento das emissões no período.

Tabela 27 - Emissões projetadas da agropecuária do estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO2e								%			
Cenários					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Agricultura	16,20	17,90	19,42	19,55	19,56	19,37	19,57	18,12	21%	20%	21%	12%
Solos agrícolas	14,6	16,0	17,4	17,5	17,4	17,1	17,3	15,8	19%	17%	19%	8%
Cultivo de arroz	0,32	0,13	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	-86%	-86%	-86%	-86%
Queima de resíduos da agricultura	0,29	0,14	0,11	0,09	0,09	0,10	0,09	0,11	-69%	-64%	-69%	-62%
Calagem	0,99	1,63	1,89	1,91	2,02	2,08	2,12	2,19	104%	110%	114%	121%
Pecuária	26,72	27,63	29,09	29,87	29,53	28,40	29,18	24,71	11%	6%	9%	-8%
Fermentação entérica	24,80	25,40	26,67	26,98	26,64	25,52	26,30	21,97	7%	3%	6%	-11%
Manejo de dejetos	1,92	2,23	2,42	2,89	2,89	2,89	2,88	2,75	50%	50%	50%	43%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.2.2 Transporte

No cenário de referência as projeções para o setor de transporte no estado se basearam em dados do Balanço Energético Nacional (BEN) para os anos de 2015 a 2018, enquanto no período subsequente (2019 a 2030) foi utilizada a taxa de crescimento de cada modal no Brasil de acordo com as estimativas do Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS. Para o período de 2019 a 2030 a taxa de crescimento acumulado em cada modal é de 8% no ferroviário e 15% no aeroviário e rodoviário. Em seguida, as emissões foram calculadas com base no fator de emissão de cada tipo de combustível utilizado. Os resultados desse cenário indicam uma tendência de crescimento de 67% nas emissões anuais do setor de transporte entre 2005 e 2030. O maior crescimento percentual deve ocorrer no modal aeroviário (246%), embora o maior crescimento absoluto nas emissões seja esperado no transporte rodoviário (10,2 Mt CO₂e), o qual continuará a ser a principal fonte de emissões no setor de transportes.

No cenário de mitigação a projeção também aponta para um crescimento das emissões anuais do setor, embora a um ritmo menor. As medidas de mitigação consideradas ocorrem principalmente no modal rodoviário, e incluem aumento no uso de biocombustíveis, ganhos de eficiência energética, expansão na frota de veículos elétricos, e maior uso de transporte público. Os resultados indicam que com a adoção dessas medidas as emissões anuais no setor como um todo em 2030 serão de 19,4 Mt CO₂e, um aumento de 17% em relação aos 16,7 Mt CO₂e observados em 2005.

Comparando os cenários de referência e de mitigação para o setor de transporte é possível observar que a adoção das medidas de mitigação nesse setor possibilita uma redução de 30% nas emissões em 2030. A Figura 17 a seguir ilustra a comparação entre os cenários, com todos os modais apresentados à esquerda, enquanto à direita foram isolados os modais ferroviário e aeroviário para possibilitar a visualização.

Tabela 28 - Emissões projetadas do setor de transportes no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2005-2025	2005-2030
	Mt CO ₂ e						%	
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Modal	16,7	21,2	24,4	23,1	25,5	21,6	27,7	19,4
	53%	32%	67%	17%				
Rodoviário	16	20	23	22	24	20	26	18
Ferroviário	0.36	0.57	0.62	0.32	0.61	0.56	0.65	0.63
Aéreo	0.3	0.6	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	0.8

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

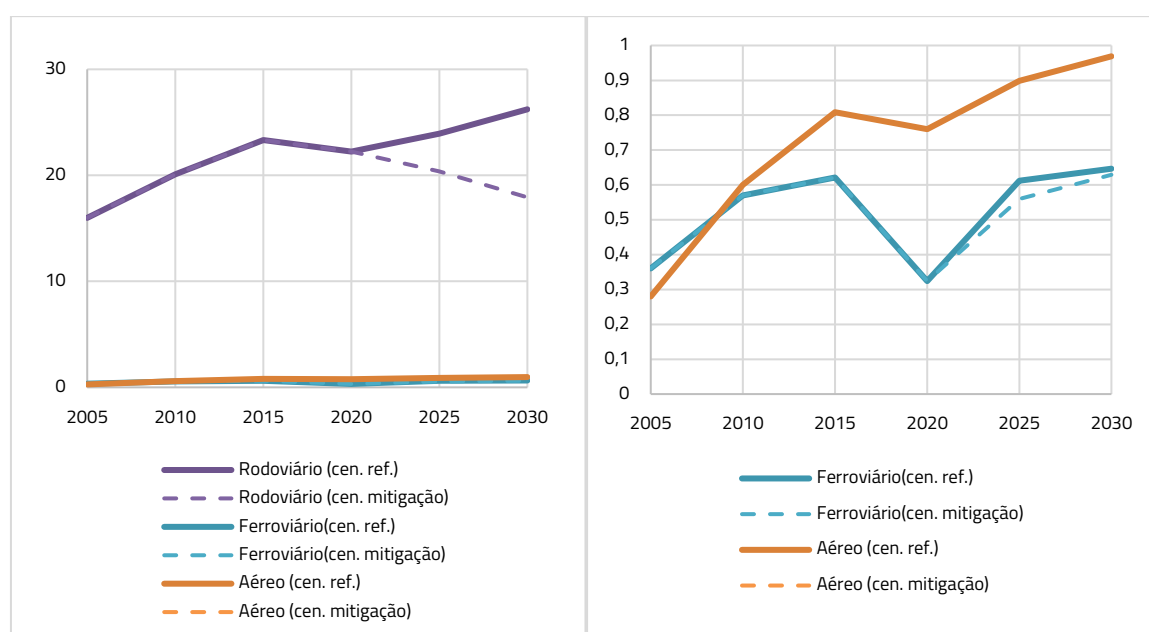


Figura 17 - Emissões projetadas do setor de transportes no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.2.3 Indústria

As emissões do setor industrial são fortemente influenciadas pelo nível de atividade econômica e as trajetórias de emissões para este setor se basearam nas taxas de crescimento de cada segmento industrial obtidas no projeto ICAT fase 1 (para o período 2015-2018) e no Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS (para o período 2019-2030).

No cenário de referência os resultados indicam um crescimento de 28% no período como um todo, sendo a maior parte desse aumento no período de 2020 a 2030, após ter sido observada uma queda na década anterior que levou as emissões para um patamar semelhante ao de 2005. A maior variação ocorre no uso de energia, embora o crescimento absoluto das emissões associadas a IPPU seja ligeiramente superior. Neste último caso, embora o setor metalúrgico seja o principal emissor no estado, o maior crescimento, tanto em termos relativos quanto absolutos, deve ser observado na indústria mineral. Com relação ao uso de energia, a indústria de cimento, além de ser a maior fonte de emissões, é a que deverá apresentar um maior crescimento absoluto e relativo das emissões no estado.

No cenário de mitigação as emissões do setor apresentam uma tendência de crescimento de 10% ao longo do período (2005 a 2030), menor do que o projetado no cenário de referência devido a medidas como redução da intensidade energética, controle de vazamentos, controle de processos e substituição de combustíveis fósseis tradicionais por gás natural e biomassa. As emissões associadas a IPPU devem apresentar um crescimento de 5% no período devido ao setor mineral, enquanto no segmento metalúrgico deverá ser observada uma queda nas emissões. Com relação ao uso de energia, a projeção deste cenário é de um crescimento de 22%, com destaque para a indústria de cimento, assim como no cenário anterior. Comparando os dois cenários é possível observar que as medidas de mitigação consideradas permitem uma redução de quase 14% na emissão anual em 2030.

Tabela 29 - Emissões projetadas do setor industrial no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Total da indústria (Energia + IPPU)	27,72	31,52	28,88	28,08	31,90	29,23	35,40	30,56	15%	5%	28%	10%
Uso de energia	8,20	9,49	9,36	9,29	10,51	9,60	11,66	9,98	28%	17%	42%	22%
Cimento	1,66	3,19	3,55	3,37	3,83	3,61	4,28	3,61	131%	117%	158%	117%
Ferro-gusa e aço	2,29	1,75	1,54	1,50	1,71	1,56	1,89	1,61	-25%	-32%	-18%	-30%
Ligas de ferro	0,11	0,10	0,05	0,05	0,05	0,03	0,06	0,06	-50%	-75%	-45%	-45%

Metais Não-ferrosos/Outros metalúrgicos	0,43	0,45	0,46	0,40	0,45	0,40	0,49	0,42	5%	-7%	15%	-2%
Química	0,44	0,49	0,58	0,56	0,63	0,59	0,70	0,60	44%	34%	59%	37%
Alimentos e bebidas	0,55	0,70	0,71	0,70	0,78	0,72	0,86	0,79	42%	32%	57%	44%
Papel e celulose	0,33	0,18	0,27	0,27	0,31	0,26	0,34	0,29	-7%	-20%	4%	-11%
Outras indústrias	2,39	2,63	2,20	2,44	2,74	2,43	3,03	2,60	14%	2%	27%	9%
IPPU	19,52	22,03	19,52	18,79	21,40	19,63	23,73	20,57	10%	1%	22%	5%
Minerais	6,17	8,58	8,53	8,08	9,20	8,92	10,28	9,47	49%	45%	67%	53%
Metais	13,34	13,44	10,98	10,70	12,18	10,69	13,44	11,10	-9%	-20%	1%	-17%
Química	0,010	0,010	0,011	0,011	0,012	0,011	0,014	0,012	24%	14%	38%	16%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

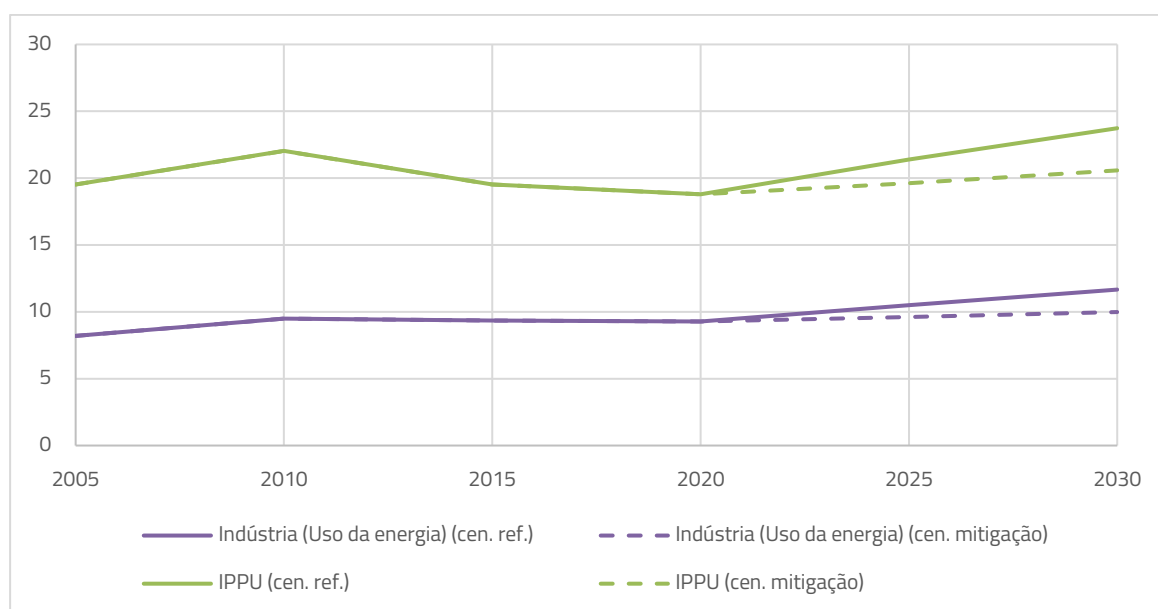


Figura 18 - Emissões projetadas do setor industrial no estado de Minas Gerais (Mt CO2e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.2.4 Outros setores de uso de energia

A projeção da trajetória de emissões associadas ao uso de energia em outros setores (agropecuário, residencial, comercial e público) se baseou nas taxas de crescimento das emissões de cada um desses setores no Brasil obtidas no projeto ICAT fase 1 (para o período de 2015 a 2018) e no Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS (para os anos subsequentes).

As emissões relativas ao consumo de combustíveis nos setores agropecuário, comercial e público incluem aquelas oriundas de usinas autoprodutoras e do consumo direto de combustíveis (demanda final), enquanto no setor residencial as emissões incluem apenas a demanda final.

No cenário de referência os resultados indicam um crescimento de 1% nas emissões entre 2005 e 2030, sendo que esse aumento estará concentrado na década de 2020-2030, uma vez que até 2018 as emissões apresentaram tendência decrescente. A agropecuária é o único setor que apresentará crescimento no agregado do período (27%), ultrapassando o setor residencial como principal emissora. Este último, por outro lado, embora tenha uma tendência crescente a partir de 2015, no período como um todo deverá apresentar uma redução de 16% nas emissões, percentual semelhante ao dos setores comercial e público.

No cenário de mitigação não foram consideradas medidas de mitigação específicas para o uso de energia nestes setores, de modo que os resultados coincidem com aqueles apresentados para o cenário de referência, conforme se pode observar na Tabela 30 a seguir.

Tabela 30 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Outros setores do uso de energia	4,15	3,72	3,72	3,66	3,92	3,92	4,17	4,17	-6%	-6%	1%	1%
Residencial	2,43	1,85	1,79	1,81	1,92	1,92	2,03	2,03	-21%	-21%	-16%	-16%
Público e comercial	0,100	0,110	0,097	0,092	0,087	0,087	0,083	0,083	-13%	-13%	-17%	-17%
Agricultura	1,62	1,76	1,84	1,76	1,91	1,91	2,06	2,06	18%	18%	27%	27%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

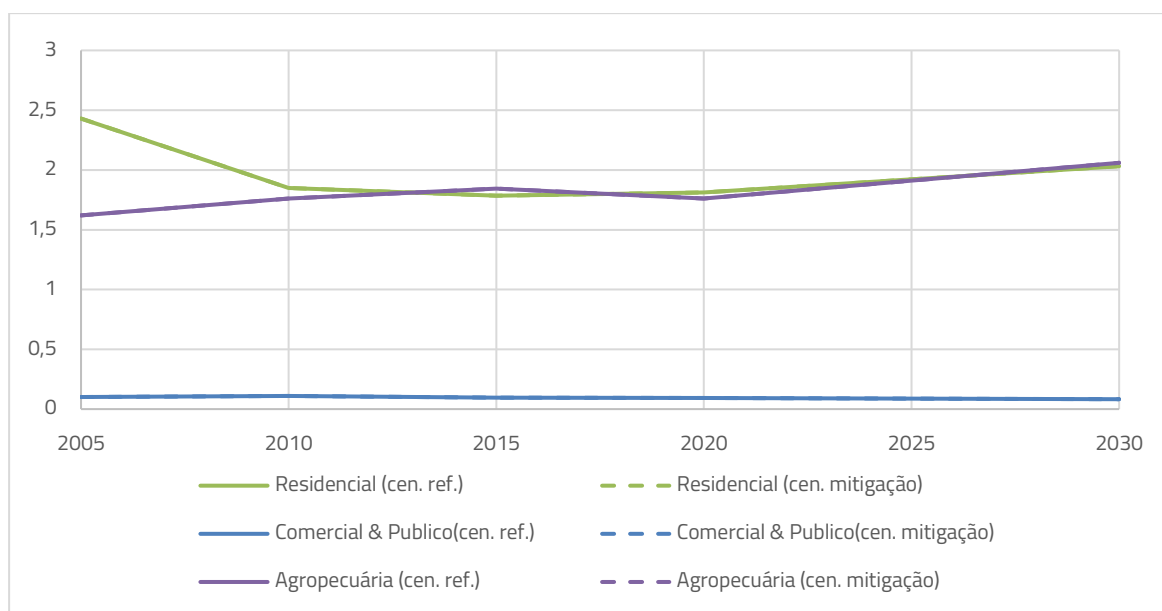


Figura 19 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO2e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.2.5 Oferta de energia

A projeção das emissões associadas à oferta de energia no período de 2015 a 2018 se baseou no Balanço Energético Nacional (BEN) para as emissões de centros de transformação e autoprodução, e nos resultados do projeto ICAT fase 1 para a produção de carvão vegetal. No período de 2019 a 2030 a projeção utilizou as taxas fornecidas pelo Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS.

No cenário de referência os resultados indicam uma tendência de crescimento relativamente estável das emissões no período de 2020 a 2030, após ter sido observada uma forte redução ao longo da década anterior. No período como um todo (2005 a 2030), deve-se observar um decréscimo nas emissões de cerca de 17% com as tendências atuais, derivado principalmente da queda associada à produção de carvão vegetal e ao autoconsumo em centros de transformação.

No cenário de mitigação a projeção é semelhante à do cenário anterior, com 17% de redução das emissões ao longo do período. Contudo, neste cenário há uma maior emissão associada à

produção de carvão vegetal (fonte renovável), o que de certa forma anula a redução esperada nas emissões associadas à geração elétrica.

Tabela 31 - Emissões projetadas da oferta de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Oferta de energia (Combustão de combustível)	5,09	5,53	5,32	3,49	3,97	3,81	4,21	4,23	-22%	-25%	-17%	-17%
Consumo do setor de energia	1,37	1,29	0,68	0,48	0,56	0,54	0,59	0,53	-59%	-61%	-57%	-61%
Centros de transformação	3,72	4,24	4,64	3,01	3,41	3,28	3,62	3,69	-8%	-12%	-3%	-1%
Usinas elétricas	1,59	2,34	2,64	1,86	2,15	2,01	2,26	2,06	35%	27%	42%	29%
Produção de carvão vegetal	2,13	1,90	2,00	1,14	1,26	1,26	1,36	1,63	-41%	-41%	-36%	-23%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

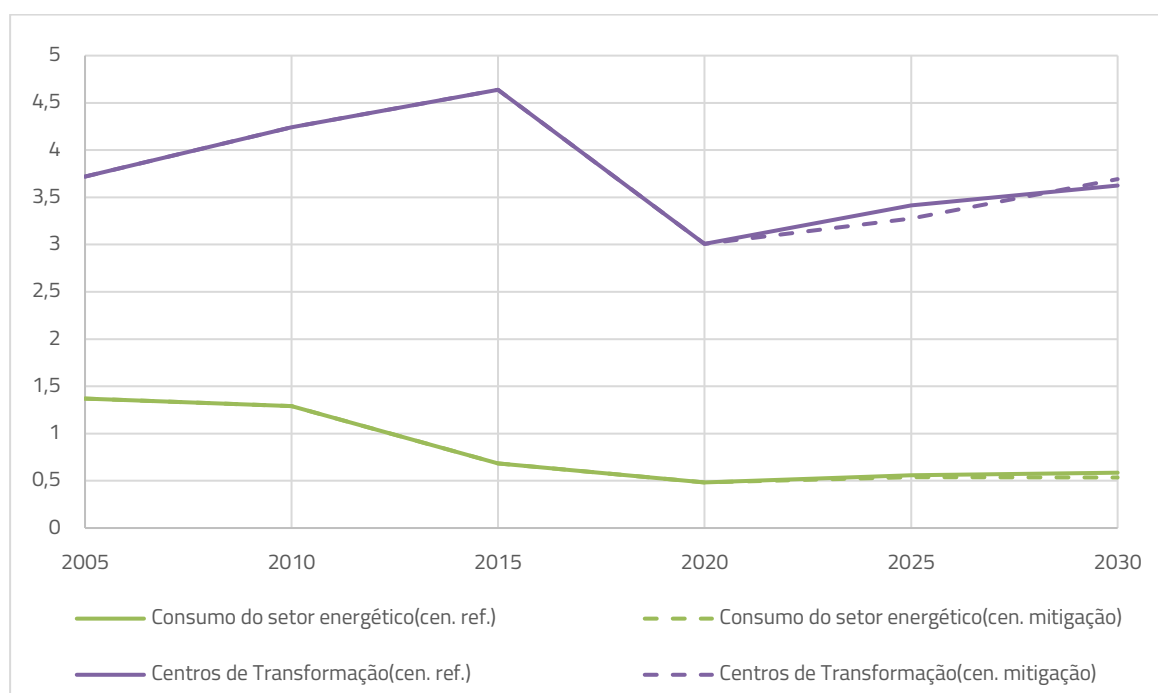


Figura 20 - Emissões projetadas da oferta de energia no estado de Minas Gerais (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.2.6 Resíduos

A projeção da trajetória de emissões no setor de resíduos para o período de 2015 a 2018 se baseou nas taxas de crescimento das emissões de cada setor para o Brasil obtidas no Projeto ICAT fase 1. No período subsequente (2019 a 2030) foram utilizadas as taxas de crescimento das emissões fornecidas pelo Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS. Para resíduos sólidos urbanos e efluentes líquidos domésticos foi adotada uma taxa de 5% de crescimento projetada para o Brasil no período, enquanto para os resíduos sólidos industriais e efluentes líquidos industriais foi considerada a taxa de 19% de crescimento das emissões esperada no setor de alimentos e bebidas no país.

No cenário de referência é esperado um ligeiro crescimento no período de 2020 a 2030, a um ritmo menor do que o observado na década anterior. No período como um todo (2005 a 2030) o crescimento deverá ser de 154%, embora a maior parte dessa variação tenha sido observada até 2015, quando as emissões mais do que dobraram. Na década atual, o crescimento em termos absolutos deverá ser liderado pelos efluentes líquidos industriais, que é a segunda principal fonte de emissões no estado, embora no período como um todo essa categoria apresente a menor variação dentre as quatro analisadas.

No cenário de mitigação espera-se um crescimento um pouco menor, mas ainda expressivo, nas emissões do setor de resíduos. Os resultados indicam uma variação de 142%, sendo essa diferença em relação ao cenário anterior influenciada pela adoção de medidas como recuperação de biogás em sistemas sanitários, além do uso do metano gerado em estações de tratamento de água e aterros para geração elétrica, como combustível em veículos a gás natural, ou então a destruição do gás.

Tabela 32 - Emissões projetadas do setor de resíduos no estado de Minas Gerais (Mt CO2e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Resíduos	3,8	6,8	8,7	8,8	9,2	8,5	9,6	9,2	142%	123%	154%	142%
Resíduos sólidos	1,3	3,3	4,4	4,5	4,6	4,1	4,7	4,5	244%	207%	253%	236%
Resíduos sólidos urbanos	1,3	3,1	3,8	3,9	4,0	3,0	4,0	2,9	196%	123%	199%	118%
Outros resíduos sólidos	0,0	0,2	0,6	0,6	0,6	1,1	0,7	1,6	208%	435%	241%	653%
Tratamento e descarte de efluentes líquidos	2,5	3,5	4,2	4,3	4,6	4,3	4,9	4,7	86%	77%	99%	91%
Efluentes líquidos domésticos	0,87	1,29	1,67	1,71	1,73	1,64	1,75	1,66	99%	88%	101%	91%
Efluentes líquidos industriais	1,6	2,2	2,6	2,5	2,8	2,7	3,1	3,0	79%	71%	99%	91%

Fonte: Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

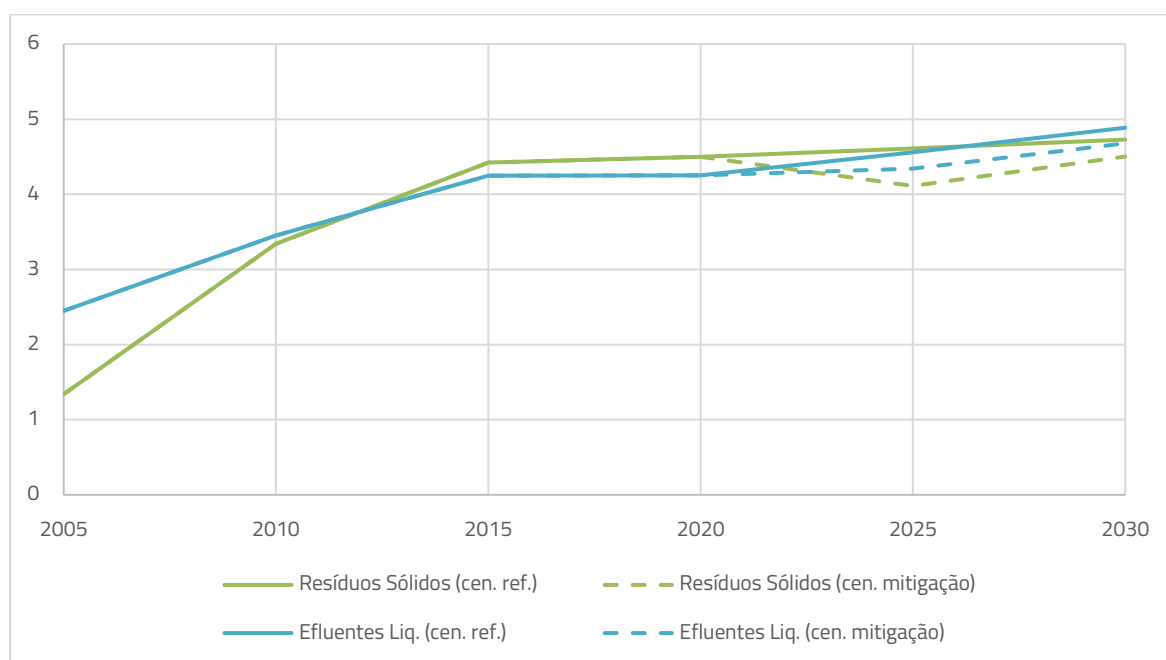


Figura 21 - Emissões do setor de resíduos por subsetor – estado de Minas Gerais (Mt CO2e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado de Minas Gerais

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2014 e projeções de 2015 a 2030.

4.3 Indicadores de MRV

Esta seção apresenta o conjunto de indicadores de MRV proposto para monitorar a trajetória de emissões do estado, tendo como base os resultados dos cenários de referência e de mitigação apresentados acima. O acompanhamento desses indicadores permitirá aos planejadores do estado verificar em quais setores e subsetores são necessárias medidas adicionais de mitigação e, conseqüentemente, uma revisão dos planos e programas para a redução de emissões.

Este conjunto contém dois tipos de indicadores: i) de emissões absolutas; e ii) de intensidade de emissões. Os indicadores de emissões absolutas indicam o montante de emissões em termos de Mt de CO₂e, conforme já apresentado nos resultados dos cenários acima. Por outro lado, os indicadores de intensidade de emissões indicam a razão entre as emissões absolutas e outras variáveis de interesse, como população e PIB. Para sua elaboração, além dos resultados de emissões dos dois cenários, hipóteses adicionais sobre crescimento demográfico, taxas de crescimento do PIB estadual e outros parâmetros relevantes foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) e da Fundação João Pinheiro (FJP, 2021).

A Tabela 33 a seguir apresenta os indicadores utilizados para monitorar a evolução das emissões, tanto para a economia como um todo quanto para cada setor analisado. Os valores mostram que, enquanto as emissões devem crescer 34% no cenário de referência e 18% no cenário de mitigação entre 2005 e 2030, o PIB estadual deverá crescer 100% no mesmo período, resultando em uma queda na intensidade de carbono do PIB no estado em ambos os cenários (33% de redução no cenário de referência e 41% de redução no cenário de mitigação). Por outro lado, a população deverá crescer apenas 15%, fazendo com que a emissão per capita aumente no período em ambos os cenários.

Tabela 33 – Emissões e indicadores econômicos do estado de Minas Gerais – Cenários de Referência e Mitigação

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)	
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.
Total do estado	Emissões totais (Mt CO ₂ e)	118	132	134	146	152	144	159	139	29%	22%	34%	18%
	Emissões totais sem LULUCF (Mt CO ₂ e)	100	114	120	117	123	115	130	110	23%	15%	30%	10%
	PIB (R\$ milhões 2015)	333.815	493.652	519.331	515.557	588.996	588.996	666.395	666.395	76%	76%	100%	100%
	Intensidade de carbono do PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	355	268	257	282	259	244	238	209	-27%	-31%	-33%	-41%
	Intensidade de carbono do PIB sem LULUCF (t CO ₂ e /R\$ milhões 2015)	300	232	231	226	210	195	195	166	-30%	-35%	-35%	-45%
	População (milhões de pessoas)	19,3	20,0	20,6	21,3	21,8	21,8	22,2	22,2	13%	13%	15%	15%
	Emissões per capita (total t CO ₂ e/hab.)	6,1	6,6	6,5	6,8	7,0	6,6	7,2	6,3	14%	7%	16%	2%
	Emissões per capita sem LULUCF (tCO ₂ e /hab.)	5,2	5,7	5,8	5,5	5,7	5,3	5,9	5,0	9%	1%	12%	-5%
Oferta de energia e outros indicadores de energia	Oferta total de energia (Mt CO ₂ e)	5,1	5,5	5,3	3,5	4,0	3,8	4,2	4,2	-22%	-25%	-17%	-17%
	Emissões do total de oferta de energia sobre o (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	15,2	11,2	10,2	6,8	6,7	6,5	6,3	6,3	-56%	-58%	-59%	-58%
Transporte	Emissões de transportes (Mt CO ₂ e)	17	21	25	23	25	22	28	19	53%	32%	67%	17%

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)	
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.
	Emissões de transportes/PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	49,8	43,1	47,7	45,2	43,2	37,2	41,8	29,1	-13%	-25%	-16%	-42%
Indústria	Emissões da indústria – energia e IPPU (Mt CO ₂ e)	28	32	29	28	32	29	35	31	15%	5%	28%	10%
	Valor agregado da indústria (R\$ milhões 2015)	92.214	142.378	119.301	114.866	158.315	158.315	179.119	179.119	72%	72%	94%	94%
	Emissões da indústria / PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	83	64	56	54	54	50	53	46	-35%	-40%	-36%	-45%
	Emissões da indústria /VA da indústria (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	301	221	242	244	202	185	198	171	-33%	-39%	-34%	-43%
Outros setores de demanda de energia	Emissões comerciais e públicas (Mt CO ₂ e)	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	-13%	-13%	-17%	-17%
	Emissões comerciais e públicas/PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	0,30	0,22	0,19	0,18	0,15	0,15	0,12	0,12	-51%	-51%	-59%	-59%
	Emissões domésticas (Mt CO ₂ e)	2,43	1,85	1,79	1,81	1,92	1,92	2,03	2,03	-21%	-21%	-16%	-16%
	Emissões domésticas per capita (kg CO ₂ e/hab.)	126	93	86	85	88	88	91	91	-30%	-30%	-28%	-28%
	Emissões de energia da agropecuária (Mt CO ₂ e)	1,6	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	2,1	2,1	18%	18%	27%	27%
AFOLU	Emissões líquidas de AFOLU (Mt CO ₂ e)	61,0	63,6	62,3	78,3	78,0	76,7	77,7	71,6	28%	26%	27%	17%

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)	
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.
	Emissões de AFOLU /VA da agropecuária (kt CO ₂ e /R\$ milhões 2015)	3,23	2,65	2,55	3,05	2,69	2,64	2,36	2,18	-17%	-18%	-27%	-33%
LULUCF	Emissões Líquidas de LULUCF (Mt CO ₂ e)	18,1	18,1	13,8	28,9	28,9	28,9	28,9	28,8	60%	60%	60%	59%
	Emissões Líquidas de LULUCF / PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	54,2	36,7	26,6	56,1	49,1	49,1	43,4	43,2	-9%	-9%	-20%	-20%
	Emissões de LULUCF /VA da agropecuária (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	958	753	565	1126	996	995	880	875	4%	4%	-8%	-9%
Agropecuária	Emissões totais da agropecuária (Mt CO ₂ e)	42,9	45,5	48,5	49,4	49,1	47,8	48,8	42,8	14%	11%	14%	0%
	Emissões totais da agropecuária, incluindo uso de energia (Mt CO ₂ e)	44,5	47,3	50,3	51,2	51,0	49,7	50,8	44,9	14%	12%	14%	1%
	Valor agregado da agropecuária (R\$ milhões 2015)	18.888	24.021	24.439	25.690	29.044	29.044	32.860	32.860	54%	54%	74%	74%
	Emissões totais da agropecuária (incluindo uso de energia) /VA da agropecuária (kt CO ₂ e/milhão R\$)	2,36	1,97	2,06	1,99	1,76	1,71	1,55	1,37	-26%	-27%	-34%	-42%
	Emissões da pecuária / VA da agropecuária (kt CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	26,7	27,6	29,1	29,9	29,5	28,4	29,2	24,7	11%	6%	9%	-8%

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)	
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.
Resíduos	Emissões de resíduos (Mt CO ₂ e)	3,8	6,8	8,7	8,8	9,2	8,5	9,6	9,2	142%	123%	154%	142%
	Emissões de resíduos per capita (t CO ₂ e/hab.)	0,20	0,34	0,42	0,41	0,42	0,39	0,43	0,41	113%	97%	120%	110%
	Emissões totais de resíduos sólidos (Mt CO ₂ e)	1,3	3,3	4,4	4,5	4,6	4,1	4,7	4,5	244%	207%	253%	236%
	Emissões totais per capita de resíduos sólidos (t CO ₂ e/hab.)	0,07	0,17	0,21	0,21	0,21	0,19	0,21	0,20	204%	171%	206%	191%
	Emissões totais de efluentes líquidos (Mt CO ₂ e)	2,5	3,5	4,2	4,3	4,6	4,3	4,9	4,7	86%	77%	99%	91%
	Emissões totais per capita de efluentes líquidos (t CO ₂ e/hab.)	0,13	0,17	0,21	0,20	0,21	0,20	0,22	0,21	64%	56%	73%	66%

Fonte: Inventário de GEE do estado de MG para os dados históricos; elaboração própria para as projeções

4.4 Síntese do estado de Minas Gerais

Minas Gerais ocupa a quinta colocação no país em emissões de GEE segundo dados do SEEG, sendo portanto um estado relevante para a análise de ações de mitigação. O estado tem suas emissões derivadas principalmente da agropecuária, embora o setor de energia esteja em patamar semelhante e outros setores, como indústria e LULUCF também possuam relevância. Contudo, apesar dessa posição entre os principais estados emissores, Minas Gerais é um dos mais pró-ativos na agenda climática, com diversas políticas desenvolvidas ao longo das últimas duas décadas visando reduzir as emissões como é o caso do setor de energias renováveis, sendo o estado o que tem o maior potencial instalado de energia solar distribuída no Brasil.

A avaliação das emissões setoriais históricas do estado apontou um crescimento de 23,7% das emissões de 2005 a 2014 (sem considerar o setor LULUCF, que só passou a ser contabilizado em 2010). Contudo, o aumento mais intenso ocorreu a partir de 2010, justamente quando LULUCF foi incluído no inventário. Este setor foi o que apresentou maior variação nos últimos cinco anos da série (45,1%). No período como um todo o setor que teve maior crescimento absoluto nas emissões foi o de energia, enquanto a maior variação percentual foi no setor de resíduos. Cabe destacar ainda que o aumento das emissões no setor de energia derivou principalmente do uso de combustíveis nos transportes. Nos demais setores do estado, embora também tenham apresentado variação positiva no período, o crescimento das emissões foi mais modesto.

Os resultados dos cenários de referência e de mitigação mostram que o potencial de mitigação do estado está principalmente no setor de transportes e na agropecuária, que são justamente as duas principais fontes de emissão. No cenário de referência a projeção aponta para um crescimento de 34% nas emissões totais do estado até 2030 quando comparado a 2005, embora a maior parte desse crescimento ocorra até 2020. Na década atual o aumento das emissões deverá ser distribuído entre os setores, mas com destaque para a indústria, enquanto em AFOLU é esperada uma pequena queda.

No cenário de mitigação, apesar da adoção de medidas adicionais, é esperado também um aumento das emissões, assim como no cenário anterior. Contudo, nesta projeção o crescimento é de 18% em relação a 2005. Ao se comparar os dois cenários é possível notar que a adoção de novas ações permite uma redução de 12,6% no nível de emissão esperado em 2030. Conforme mencionado, essa diferença ocorre principalmente no setor de transportes, principalmente no modal rodoviário, e decorre de ações como aumento no uso de biocombustíveis, ganhos de eficiência energética, expansão na frota de veículos elétricos, e maior uso de transporte público. A agropecuária também poderá contribuir para essa redução, em especial na pecuária, com a adoção de ações como de intensificação da produtividade do rebanho, como o manejo de pastos, melhorias genéricas e redução da idade de abate.

Além da projeção das emissões absolutas apresentada nos cenários, foram também feitas projeções de indicadores de intensidade de emissões, que se baseiam na razão entre as emissões absolutas e outras variáveis de interesse, como PIB e população. Esse tipo de indicador é importante para se avaliar a evolução das emissões de forma independente de fatores como o crescimento econômico. Por exemplo, em momentos de retração da economia pode ocorrer uma redução das emissões, mas não necessariamente por causa da adoção de medidas de mitigação. Os resultados indicam que, diante de uma projeção de crescimento de 100% do PIB do estado entre 2005 e 2030, a intensidade de carbono do PIB deverá diminuir nos dois cenários, enquanto a emissão total per capita deverá crescer em ambos considerando um aumento esperado de 14% na população.

RIO DE JANEIRO



5 Estado do Rio de Janeiro

O estado do Rio de Janeiro ocupa a 11ª colocação no país em termos de emissões de gases do efeito estufa, sendo o setor de energia o principal emissor no estado (SEEG, 2020). O Rio de Janeiro foi selecionado como um estado-piloto nesta segunda fase do Projeto ICAT por ser representativo de estados com perfil de emissões de GEE com predominância desse setor, que nas últimas duas décadas cresceu em importância nas emissões do país.

O estado do Rio de Janeiro vem adotando medidas que visam a reduzir seus impactos ambientais. O estado possui políticas climáticas voltadas para a redução de emissões, como a Lei nº 5.690 de 2010, que instituiu a Política Estadual sobre Mudança Global do Clima e Desenvolvimento Sustentável. Esta lei estabelece princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos aplicáveis para prevenir, reduzir e adaptar o estado às mudanças climáticas, além de facilitar a implementação de uma economia de baixo carbono através de medidas de mitigação de emissões de GEE. Em 2020 a política estadual foi atualizada através da Lei 9.072/2020, que alterou a legislação anterior.

O Decreto nº 43.216, de 30 de setembro de 2011, regulamenta a Política Estadual de Mudança Global do Clima e Desenvolvimento sustentável e estabelece metas de redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), tendo em vista o ano de 2030. Neste decreto o estado estabeleceu alguns objetivos de mitigação:

- Meta geral de mitigação: intensidade de carbono do PIB em 2030 abaixo do nível de 2005;
- Metas de mitigação setoriais:
 - Efluente: redução de 65% em 2030 em relação a 2005 (kg CO₂e/hab./ano);
 - Tratamento de resíduos sólidos: redução de 65% em 2030 em relação a 2005 (kg CO₂e/hab/ano);
 - Transporte: 30% redução de 30% em 2030 em relação a 2010 (kg CO₂e/ano); e
 - Consumo de energia do setor público: redução de 30% em 2030 em relação a 2005 (kg CO₂e/ano).

Além da política citada acima, o estado criou ao longo da última década políticas e instrumentos para setores ou ações específicas, como energia solar, logística reversa, restauração ecológica e licenciamento ambiental. Ao longo do projeto a Secretaria Estadual do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) contribuiu de forma relevante para a sua execução, tendo sido uma parceira indispensável para os resultados alcançados.

5.1 Avaliação das emissões setoriais históricas do estado

O estado do Rio de Janeiro publicou até hoje três inventários de emissões de GEE com anos base de 2005, 2010 e 2015. Portanto, a avaliação das emissões históricas do estado compreendem o período de 10 anos para os quais os dados estão disponíveis. Os inventários do estado utilizaram a metodologia do IPCC (2006), que considera quatro setores de emissão:

- Agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU) – contém emissões e remoções que resultam da variação na quantidade de biomassa em áreas de vegetação, da fermentação entérica em rebanhos, do manejo de dejetos animais, de solos agrícolas, cultivo de arroz, queima de cana de açúcar, uso de fertilizantes nitrogenados e da aplicação de calcário e ureia no solo;
- Energia – contém emissões da queima de combustíveis na transformação de energia, no consumo nos setores residencial, comercial, público, agrícola, industrial e de transportes, além das emissões fugitivas do setor de petróleo e gás. As emissões decorrentes do processo de redução nas siderurgias foram contabilizadas no setor industrial (IPPU);
- Processos industriais e uso de produto (IPPU) – contém emissões de processos produtivos nas indústrias e que não resultam do uso energético de combustíveis. São considerados os segmentos mineral, químico e metalúrgico;
- Resíduos – contém emissões associadas à disposição de resíduos sólidos urbanos, industriais e da saúde, e o tratamento de efluentes domésticos e industriais.

Visando refletir de forma adequada a responsabilidade pelas emissões, os inventários também adotaram o conceito de escopo do GHG Protocol. Foram contabilizadas as emissões de escopo 1 (emissões que ocorrem no território do estado), de escopo 2 (emissões da geração elétrica importada do grid nacional) e de escopo 3 (emissões de algumas fontes rastreáveis que ocorrem fora do território estadual mas derivam de atividades do estado). Contudo, as emissões do escopo 3 não foram incluídas no total, sendo apenas informativas. Desta forma, emissões da geração elétrica de escopo 1 foram atribuídas ao setor de oferta de energia, enquanto as emissões de escopo 2 foram atribuídas ao setor que consumiu a energia do grid.

O inventário de 2015 contabilizou emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF₆). Além disso, uma revisão dos inventários de 2005 e 2010 foi realizada para comparação e padronização. A emissão total de GEE está expressa em termos de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) com base no Potencial de Aquecimento Global do AR5 do IPCC (IPCC, 1995; 2013).

Tabela 34 - Gases do Efeito Estufa contabilizados no estado do Rio de Janeiro, por setor

Setor	AFOLU	Energia	IPPU	Resíduos
Gases	CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
	CH ₄	CH ₄	CH ₄	CH ₄
	N ₂ O	N ₂ O	N ₂ O	N ₂ O
			SF ₆	
			C ₂ F ₆	
			CF ₄	
			HFCs	

Os dados dos inventários estaduais mostram que o setor de energia vem sendo a principal fonte de emissões do estado desde 2005, tendo inclusive aumentado a sua participação no total de emissões ao longo do período. Entre 2005 e 2015 este setor apresentou um crescimento de 80% nas emissões, sendo responsável por três quartos do total do estado no final da série. O

setor industrial (IPPU) também apresentou um aumento das emissões no período (33%), em especial entre 2005 e 2010, passando a ocupar a segunda colocação como fonte de emissões no estado.

Por outro lado, os setores de AFOLU e de resíduos reduziram suas emissões ao longo dos anos analisados. O primeiro foi o que apresentou a maior queda (59,3%), em especial entre 2005 e 2010, fazendo com que passasse da segunda para a última posição como fonte de emissões. Já o setor de resíduos chegou a ter uma elevação nas emissões na primeira metade da série, mas nos anos subsequentes apresentou uma forte redução, fazendo com que no período como um todo suas emissões caíssem quase 18%.

No agregado, as emissões do estado cresceram 40,2% entre 2005 e 2015, principalmente nos últimos cinco anos analisados. Esse crescimento é fortemente influenciado pela evolução das emissões do setor de resíduos, que é a principal fonte do estado e também apresentou maior intensidade de aumento na segunda metade do período.

Tabela 35 - Emissões históricas do estado do Rio de Janeiro por setor (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005		2010		2015		2005-2010	2010-2015	2005-2015
	Mt CO ₂ e						%		
Energia*	38,919	58,90%	51,082	67,60%	70,203	75,70%	31,30%	37,40%	80,40%
IPPU	9,381	14,20%	11,579	15,30%	12,476	13,50%	23,40%	7,70%	33,00%
AFOLU	11,189	16,90%	4,823	6,40%	4,556	4,90%	-56,90%	-5,50%	-59,30%
Resíduos	6,638	10,00%	8,093	10,70%	5,456	5,90%	21,90%	-32,60%	-17,80%
Total	66,126	100,0%	75,578	100,00%	92,69	100,00%	14,30%	22,60%	40,20%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

* Inclui emissões de escopo 2.

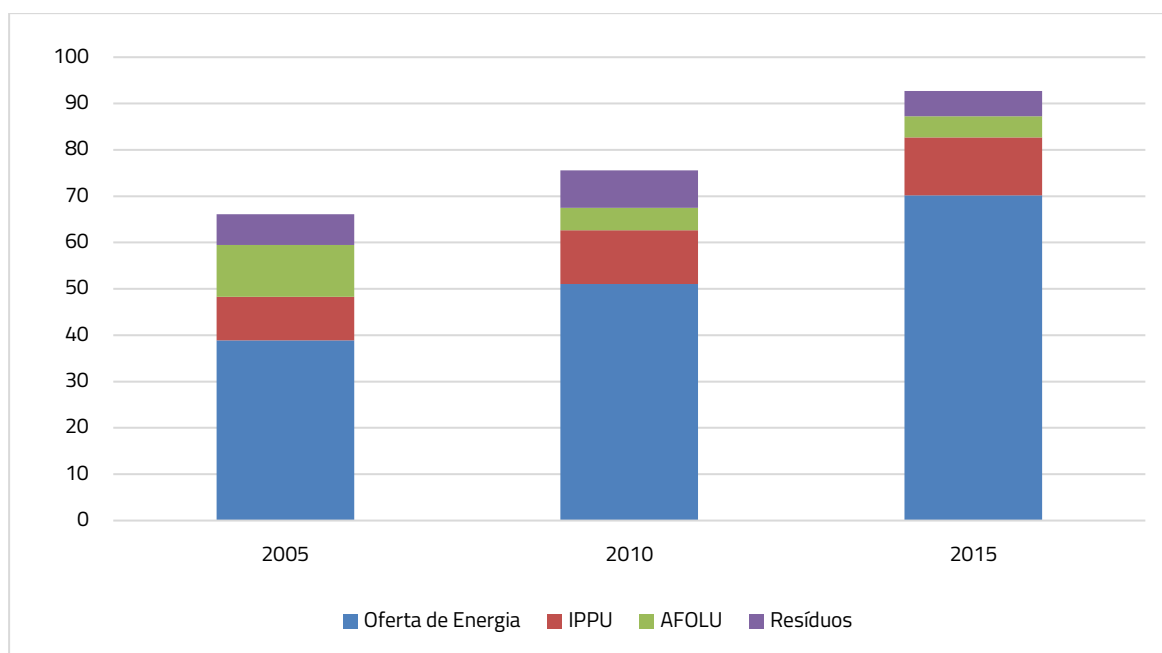


Figura 22 - Emissões históricas do estado do Rio de Janeiro por setor (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

* Inclui emissões de escopo 2.

5.1.1 Agricultura, florestas e outros usos do solo

O setor de agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU) no estado tem como principal fonte de emissões a agropecuária, visto que as emissões associadas ao uso da terra (LULUCF) foram negativas nos dois últimos inventários publicados (ou seja, houve uma remoção líquida de carbono nessa categoria). Dentro do setor agropecuário a principal fonte de emissões é a pecuária, com destaque para a fermentação entérica, enquanto a agricultura é responsável por uma parcela menor.

As emissões totais do setor AFOLU diminuíram 59,3% entre 2005 e 2015, sendo a maior redução observada entre 2005 e 2010, conforme mostrado na Tabela 36. O subsetor de uso da terra apresentou uma redução de 106,3%, passando de emissão líquida positiva em 2005 para valores negativos em 2010 e 2015. Os subsetores de agricultura e pecuária apresentaram um aumento discreto nas emissões de, respectivamente, 0,5% e 1,0% entre 2005 e 2015.

Tabela 36 - Emissões do setor AFOLU no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2005-2010	2010-2015	Varição 2005-2015
	Mt CO ₂ e			%		
Uso da terra	6,26	-0,196	-0,395	-103,1%	-101,4%	-106,3%
Agropecuária	4,93	5,02	4,95	1,9%	-1,4%	0,5%
Pecuária	3,94	3,80	3,98	-3,5%	4,6%	1,0%
Fermentação entérica	3,697	3,556	3,746	-3,8%	5,3%	1,3%
Manejo de dejetos	0,243	0,246	0,232	1,3%	-5,8%	-4,5%
Agricultura	0,986	1,217	0,973	23,4%	-20,0%	-1,3%
Calagem	0,207	0,161	0,105	-21,9%	-35,3%	-49,5%
Cultivo de arroz	0,039	0,014	0,001	-65,4%	-95,2%	-98,3%
Queima de resíduos florestais	0,088	0,062	0,045	-29,9%	-26,6%	-48,6%
Solos agrícolas	0,648	0,976	0,819	50,5%	-16,1%	26,3%
Uso de ureia	0,004	0,004	0,004	10,9%	-5,3%	5,1%
Total	11,2	4,82	4,56	-56,9%	-5,5%	-59,3%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

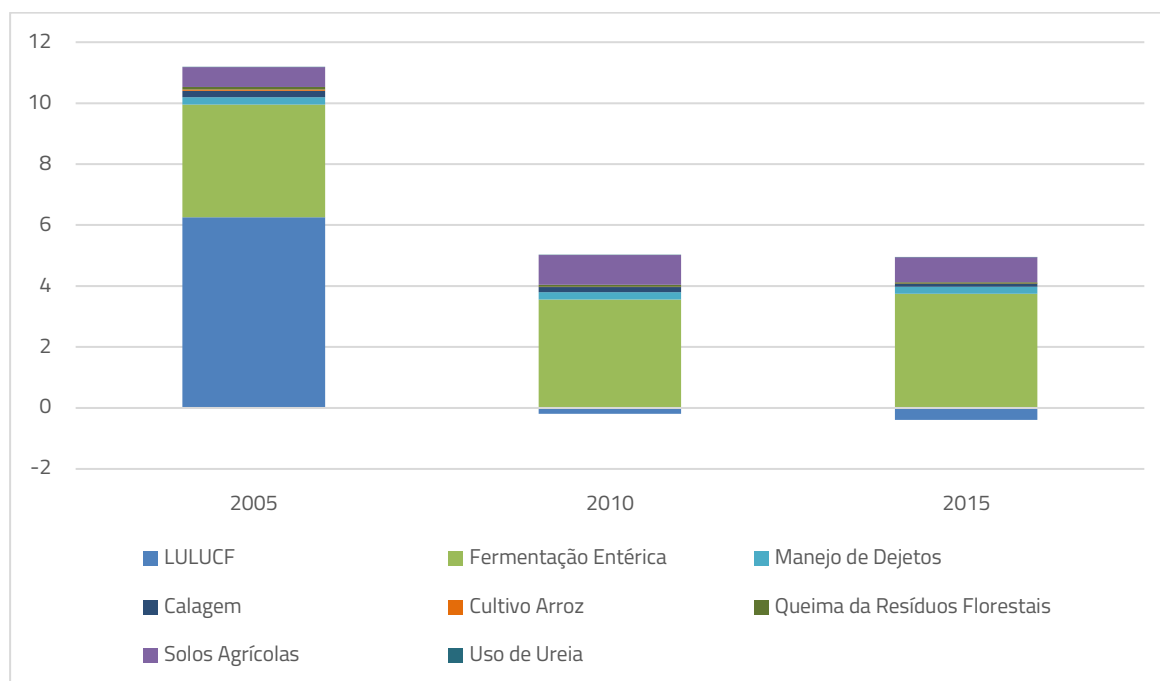


Figura 23 - Emissões históricas do setor AFOLU no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

5.1.2 Energia

O setor de oferta de energia apresentado no inventário estadual compreende os centros de transformação – usinas de energia, produção de eletricidade, coquearias, usinas a carvão, unidades de processamento de gás natural e refinarias de petróleo – e as atividades de produção, exploração e transformação de petróleo e gás. As emissões do consumo de combustível e emissões fugitivas também são consideradas. A principal fonte de emissões desse setor no estado é a geração elétrica, sendo responsável por mais de 50% do total. Outras fontes relevantes incluem o consumo de energia do próprio setor energético e as emissões fugitivas no setor de petróleo e gás.

O setor de oferta de energia apresentou um aumento nas emissões de 112,6% durante o período analisado, sendo o subsetor de oferta de eletricidade o que apresentou o maior aumento, tanto em termos relativos (249%) quanto absolutos (14,7 Mt CO₂e), conforme pode ser observado na Tabela 37.

Tabela 37 - Emissões do setor de oferta de energia no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fontes de emissão		2005	2010	2015	Variação 2005-2010	Variação 2010-2015	Variação 2005-2015
		Mt CO ₂ e			%		
Centros de transformação	Oferta de eletricidade	5,9	10,5	20,6	78,0%	96,2%	249,2%
	Carvão	0,002	0,001	0,004	-50,0%	300,0%	100,0%
	Coque	1,64	1,61	1,39	-1,8%	-13,7%	-15,2%
Emissões fugitivas	E&P de óleo e gás	5,58	6,62	6,45	18,6%	-2,6%	15,6%
	Transporte de óleo e gás	0,563	0,62	0,614	10,1%	-1,0%	9,1%
	Refino e processamento de óleo e gás	0,039	0,036	0,034	-7,7%	-5,6%	-12,8%
Consumo final	Consumo do setor de energia	4,99	6,42	10,7	28,7%	66,7%	114,4%
Total		18,7	25,8	39,8	37,9%	54,2%	112,6%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Tabela 38 - Emissões de combustíveis usados no setor de transportes no estado do Rio de Janeiro em 2015 (Mt CO₂e)

Modo	Óleo diesel	Óleo combustível	Gasolina	Querosene	Gás natural	Eleticidade	Etanol	Total	Participação dos modais
Rodoviário	5,5	0,00	4,1	0,00	2,1	0,00	0,02	11,7	74,7%
Ferrovário	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,29	1,8%
Aéreo	0,00	0,00	0,00	2,59	0,00	0,00	0,00	2,6	16,5%
Hidroviário	0,54	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,08	6,9%
Total	6,3	0,54	4,1	2,59	2,1	0,01	0,02	15,6	100,0%
Participação dos combustíveis	40,4%	3,5%	26,2%	16,5%	13,3%	0,1%	0,1%	100,0%	-

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: desagregado

5.1.3 Indústria (IPPU e uso de energia)

O setor industrial no estado tem como principal fonte de emissões o segmento metalúrgico, responsável por 75% do total, e dentro deste segmento se destaca ainda a indústria de ferro e aço. Em segundo lugar no estado aparece o segmento de minerais não metálicos (8,1% do total do setor), com destaque para a indústria de cimento.

Os dados relativos às emissões totais da indústria mostram que entre 2005 e 2010 houve aumento de 44% nas emissões deste setor, sendo o maior crescimento percentual observado no subsetor de mineração (644%), seguido pelo uso de produto (176%) e outras indústrias (137%), respectivamente. Contudo, o aumento das emissões totais do setor se devem principalmente ao setor metalúrgico, que é a principal fonte e apresentou o maior crescimento absoluto.

Tabela 39 – Emissões do setor industrial no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005		2010		2015		2005-2010	2010-2015	2005-2015
							Variação	Variação	Variação
	Mt CO ₂ e	%	Mt CO ₂ e	%	Mt CO ₂ e	%	%	%	%
Indústria - Total	14,8	100,0%	17,7	100,0%	21,3	100,0%	19,3%	20,7%	44,0%
Mineração	0,05	0,4%	0,07	0,4%	0,40	1,9%	21,6%	512,1%	644,2%
Minerais não-metálicos	1,90	12,8%	2,54	14,4%	1,72	8,1%	33,9%	-32,4%	-9,5%
Cimento	1,13	7,6%	1,84	10,4%	1,21	5,7%	63,1%	-34,5%	6,9%
Cerâmica	0,07	0,5%	0,05	0,3%	0,08	0,4%	-36,9%	68,8%	6,5%
Vidro	0,31	2,1%	0,30	1,7%	0,27	1,2%	-2,5%	-12,0%	-14,2%
Outros	0,39	2,6%	0,35	2,0%	0,17	0,8%	-9,6%	-52,1%	-56,7%
Metalúrgico	9,62	65,0%	11,98	67,9%	15,99	75,0%	24,6%	33,4%	66,2%
Ferro e aço	9,09	61,4%	11,88	67,3%	15,88	74,5%	30,7%	33,7%	74,8%
Não ferrosos e outros metais*	0,53	3,6%	0,11	0,6%	0,11	0,5%	-80,0%	-0,2%	-80,0%
Papel e polpa	0,10	0,7%	0,11	0,6%	0,10	0,5%	11,3%	-9,4%	0,8%
Química	1,96	13,3%	1,52	8,6%	0,91	4,3%	-22,7%	-40,3%	-53,9%
Têxtil	0,04	0,3%	0,03	0,2%	0,03	0,1%	-18,9%	-22,5%	-37,1%
Produtos alimentícios	0,23	1,6%	0,18	1,0%	0,15	0,7%	-22,0%	-20,2%	-37,8%
Bebida	0,18	1,2%	0,22	1,3%	0,21	1,0%	25,0%	-6,8%	16,5%
Outras indústrias	0,37	2,5%	0,45	2,5%	0,87	4,1%	21,1%	96,0%	137,3%
Uso de produtos	0,34	2,3%	0,56	3,1%	0,95	4,5%	61,5%	70,7%	175,6%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: São consideradas as emissões de oferta de eletricidade da rede nacional consumida no setor industrial.

*Inclui a produção de alumínio em 2015, o que não ocorreu em 2010 e 2015.

5.1.4 Resíduos

O setor de resíduos inclui as emissões associadas a resíduos sólidos (urbanos e industriais) e efluentes líquidos (domésticos e industriais). Dentre estas categorias, a principal fonte de emissões no estado em 2015 foi a de resíduos sólidos urbanos, seguida pelo esgoto doméstico, efluentes líquidos industriais e, por último, os resíduos sólidos industriais. Contudo, a categoria de resíduos sólidos urbanos foi justamente a que apresentou redução nas emissões no período analisado (-37,5%), enquanto as demais sofreram aumento. Devido ao peso dessa categoria, as emissões do setor como um todo diminuíram 17,8% entre 2005 e 2015.

Tabela 40 – Emissões do setor de resíduos do estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2005-2010	2010-2015	Varição 2005-2015
	Mt CO ₂ e			%		
Resíduos sólidos urbanos	4,95	6,06	3,09	22,4%	-48,9%	-37,5%
Resíduos sólidos industriais	0,278	0,381	0,513	37,4%	34,4%	84,7%
Efluentes líquidos urbanos	1,04	1,08	1,31	3,6%	21,1%	25,4%
Efluentes líquidos industriais	0,365	0,571	0,539	56,5%	-5,5%	47,8%
Total	6,64	8,09	5,46	21,9%	-32,6%	-17,8%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

5.2 Cenários para a trajetória de emissões do estado

Os cenários de referência e de mitigação para o Rio de Janeiro foram elaborados para o período após 2015, que é o último ano com dados disponíveis na série histórica de emissões. No cenário de referência, para o período de 2016 a 2018, foram utilizadas hipóteses de crescimento das emissões derivadas da primeira fase do projeto ICAT, enquanto a partir de 2019 foram aplicadas as premissas do Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS. Para o cenário de mitigação foram utilizadas as taxas obtidas no Cenário C (balanceado) da primeira fase do projeto ICAT.

Os resultados do cenário de referência mostram que, mantidas as tendências atuais, as emissões do estado em 2030 deverão ser 56% superiores ao nível de 2005. A maior parte desse aumento, contudo, já foi observada nos anos anteriores a 2015, sendo esperado um crescimento mais moderado na década atual. Assim como foi observado na análise do perfil de emissões do estado, o setor energético será o principal responsável por essa variação, tanto pela oferta quanto pelo uso de energia. Entretanto, pelo lado da demanda o crescimento já foi observado e é esperada uma estabilidade nos próximos anos, enquanto pelo lado da oferta as projeções apontam para um crescimento ainda forte ao longo desta década. Para os setores da indústria e de transportes também é esperado crescimento significativo das emissões entre 2005 e 2030,

com a diferença de que primeiro deverá ter um aumento forte nos próximos anos, enquanto no segundo a maior parte da variação já foi observada antes de 2015. O setor de resíduos, deverá fechar o período com um crescimento mais modesto, sendo esperada uma reversão da tendência de queda observada entre 2010 e 2015. Por fim, no setor AFOLU é esperada pouca variação nos níveis de emissões observados em 2015, após uma forte redução até então, fechando o período com uma queda de 59%.

No cenário de mitigação os resultados apontam também para um aumento das emissões, ao longo do período, embora com uma magnitude menor que no cenário anterior, chegando a 2030 com um nível 33% superior ao de 2005. O maior potencial de mitigação das emissões é observado nos setores da indústria, transportes e de oferta de energia. Nos setores de AFOLU e de resíduos também é esperado um resultado melhor do que no cenário de referência, enquanto no setor de demanda de energia não deverá haver diferença. Ao se comparar os dois cenários é possível ver que as medidas de mitigação consideradas possibilitam que o estado chegue a 2030 com um nível de emissões cerca de 15% inferior ao que seria observado caso seguisse as tendências atuais.

Tabela 41 - Emissões projetadas no estado do Rio de Janeiro por setor entre 2005 e 2030 (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	MtCO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
AFOLU	10,98	4,66	4,45	4,66	4,60	4,34	4,55	3,80	-58%	-60%	-59%	-65%
Transporte	11,72	15,51	15,69	14,39	15,41	13,94	16,92	12,68	31%	19%	44%	8%
Indústria	14,79	17,67	21,34	21,12	23,99	20,10	26,50	20,48	62%	36%	79%	38%
Outros setores de uso de energia	3,01	3,64	5,86	5,88	5,95	5,95	6,03	6,03	98%	98%	100%	100%
Oferta de energia	18,71	25,81	39,79	30,69	38,86	37,37	41,30	37,77	108%	100%	121%	102%
Resíduos	6,63	8,09	5,45	7,22	7,37	6,49	7,56	6,88	11%	-2%	14%	4%
Total	66	75	93	84	96	88	103	88	46%	34%	56%	33%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

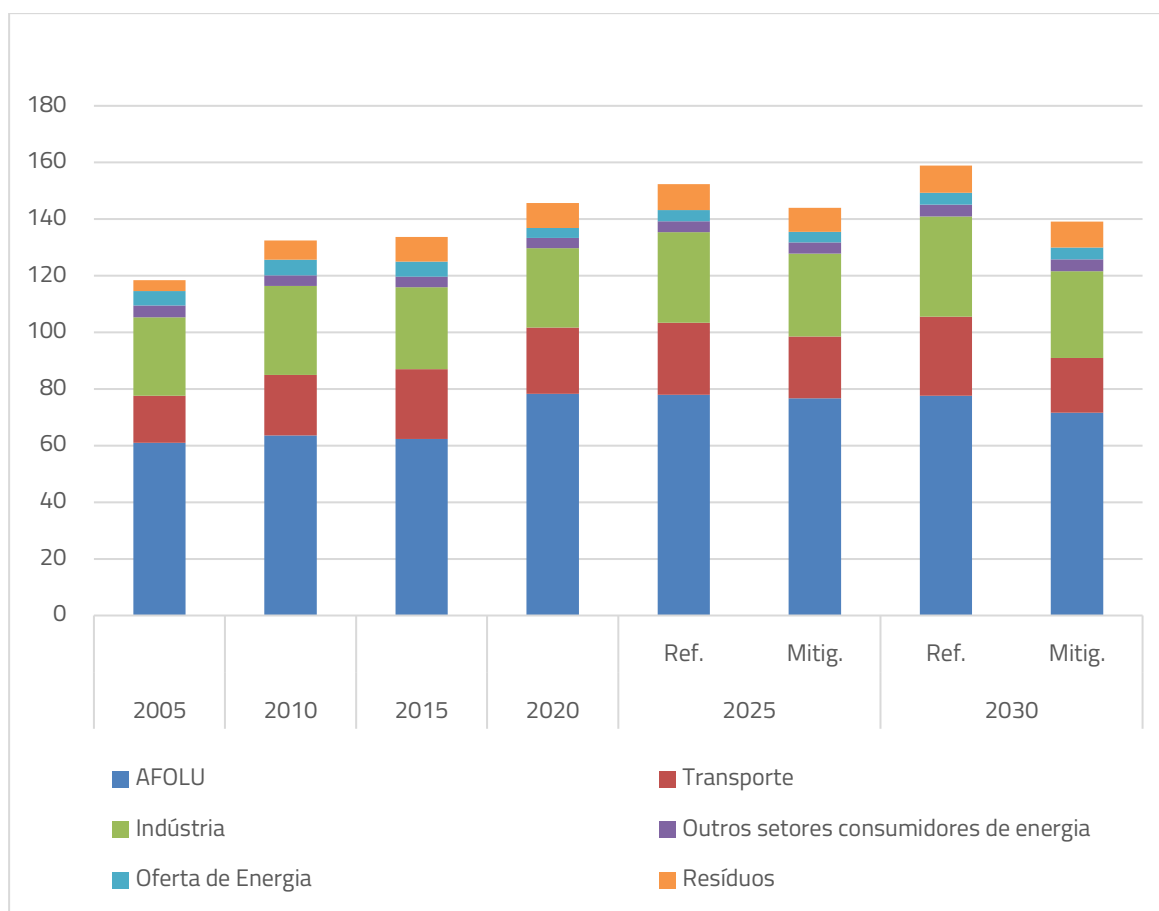


Figura 24 – Emissões projetadas no estado do Rio de Janeiro por setor entre 2005 e 2030 (CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.2.1 Agricultura, florestas e outros usos do solo

O setor de agricultura, florestas e outros usos do solo (AFOLU) inclui emissões de dois subsetores: LULUCF (uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas); e agropecuária. As emissões associadas a florestas e outros usos da terra são cobertas em LULUCF, enquanto a agropecuária abrange as emissões relativas à agricultura (solos agrícolas, queima de resíduos agrícolas e carbono no solo) e pecuária (fermentação entérica e manejo de dejetos).

No cenário de referência é esperado que as emissões do setor AFOLU sigam uma tendência decrescente até 2030, embora com um ritmo menor do que o observado entre 2005 e 2015. No período como um todo (de 2005 a 2030), a variação deverá ser de -59%, principalmente em função das remoções associadas ao uso da terra. No cenário de mitigação a projeção aponta para

uma queda mais intensa das emissões, totalizando uma variação de -65% no período. Esta diferença ocorre principalmente na agropecuária devido à adoção de práticas menos intensivas em carbono. Ao se comparar os números dos dois cenários em 2030, os resultados do cenário de mitigação representam uma redução de 17% nas emissões em relação ao cenário de referência.

Tabela 42 – Emissões projetadas do setor AFOLU no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO2e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
AFOLU	11,0	4,7	4,4	4,7	4,6	4,3	4,6	3,8	-58%	-60%	-59%	-65%
LULUCF (emissões líquidas)	6,3	-0,2	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,4	-105%	-106%	-105%	-106%
Agropecuária	4,7	4,9	4,8	5,0	4,9	4,7	4,8	4,2	4%	1%	3%	-12%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

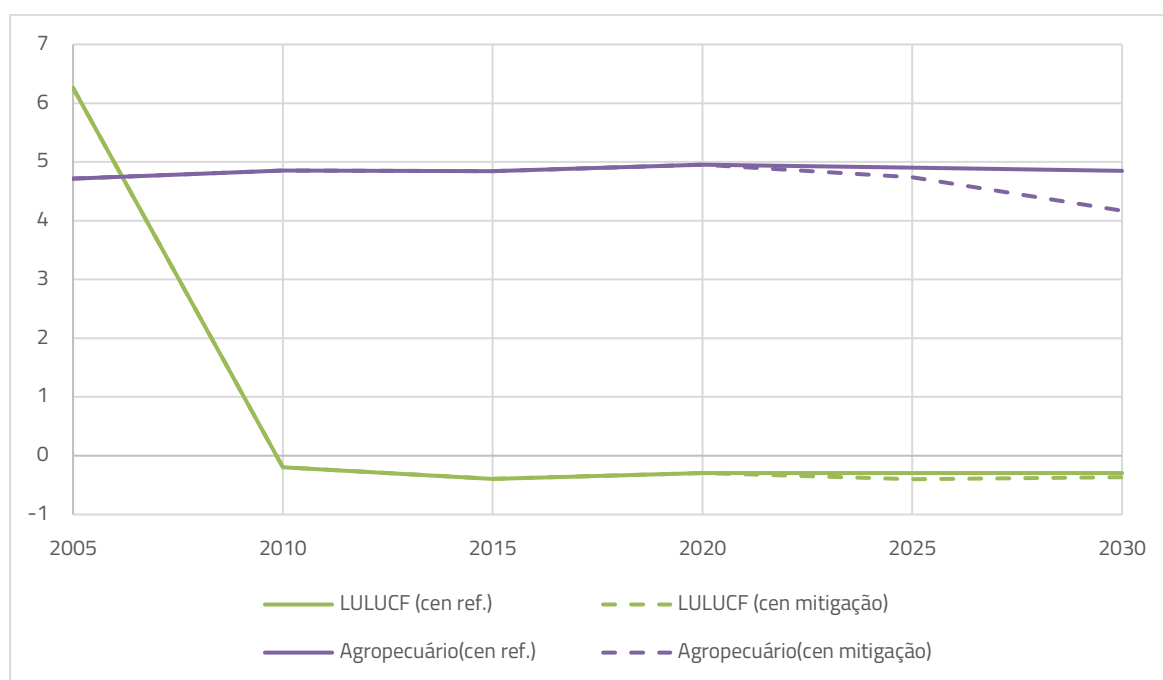


Figura 25 – Emissões projetadas no setor AFOLU do estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.2.1.1 Uso da terra, mudanças no uso da terra e florestas (LULUCF)

No cenário de referência a projeção da trajetória de emissões no subsetor LULUCF se baseou na média entre as taxas observadas em 2010 (0,2 Mt de CO₂e) e 2015 (0,4 Mt de CO₂e). Estes valores se referem à emissão líquida de LULUCF, incluindo tanto as emissões oriundas de mudanças no uso da terra quanto as remoções de carbono em áreas protegidas e por reflorestamento. Consequentemente, foi considerada uma taxa constante de – 0,3 Mt de CO₂e por ano até o final do período, uma redução de 105% em relação aos 6,3 Mt de CO₂e anuais emitidos em 2005. Por outro lado, no cenário de mitigação os resultados apontam para uma queda um pouco maior nas emissões, alcançando -0,37 Mt de CO₂e.

Tabela 43 - Emissões projetadas de LULUCF no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
LULUCF (Emissões líquidas)	6,26	-0,20	-0,40	-0,30	-0,30	-0,40	-0,30	-0,37	-105%	-106%	-105%	-106%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.2.1.2 Agropecuária

No cenário de referência a projeção da trajetória de emissões da agropecuária até 2030 se baseou na média anual de emissões entre 2005 e 2015 em cada subsetor (agricultura e pecuária) e nas taxas de crescimento das emissões para o Brasil de acordo com o projeto ICAT fase 1 (para o período de 2016 a 2018) e com o Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS (para 2019 a 2030).

Na agricultura deverá ocorrer um aumento de 11% nas emissões, principalmente em função da categoria de solos agrícolas, que é a principal fonte de emissão na agricultura e deve apresentar um crescimento de 38% nas emissões ao longo do período neste cenário. Por outro lado, na pecuária, que é a principal fonte de emissões no subsetor agropecuário, a projeção

aponta para uma queda de 1% nas emissões entre 2005 e 2030, o que se deve à redução das emissões associadas à fermentação entérica.

No cenário de mitigação projeta-se uma redução de 12% nas emissões da agropecuária entre 2005 e 2030, principalmente devido à queda de 18% das emissões associadas à fermentação entérica na pecuária. Já na agricultura, mesmo neste cenário deverá ocorrer um crescimento de 13% nas emissões, devido à categoria de solos agrícolas.

Tabela 44 - Emissões projetadas da agropecuária no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Sistemas de cultivo	0,78	1,05	0,87	0,96	0,95	0,94	0,95	0,88	23%	22%	22%	13%
Solos agricultáveis	0,65	0,98	0,82	0,91	0,90	0,89	0,90	0,82	39%	37%	38%	26%
Cultivo de arroz	0,039	0,014	0,001	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	-86%	-86%	-87%	-87%
Queima de resíduos de agricultura	0,088	0,062	0,045	0,046	0,045	0,053	0,045	0,056	-48%	-40%	-49%	-36%
Pecuária	3,94	3,80	3,98	4,00	3,95	3,79	3,90	3,29	0%	-4%	-1%	-16%
Fermentação entérica	3,70	3,56	3,75	3,71	3,66	3,51	3,62	3,02	-1%	-5%	-2%	-18%
Manejo de dejetos	0,24	0,25	0,23	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	17%	17%	17%	11%
Manejo de dejetos	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	17%	17%	17%	11%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.2.2 Transporte

No cenário de referência as projeções para o setor de transporte no estado se basearam em dados do Balanço Energético Nacional (BEN) para os anos de 2016 a 2018, enquanto no período subsequente (2019 a 2030) foi utilizada a taxa de crescimento de cada modal no Brasil de acordo com as estimativas do projeto DDPBIISC. Para o período de 2019 a 2030 taxa de crescimento acumulado em cada modal é de 0,14% no aquaviário, 8% no ferroviário, 15% no aeroaviário e 15%

no rodoviário. Em seguida, as emissões foram calculadas com base no fator de emissão de cada tipo de combustível utilizado. Os resultados desse cenário indicam uma tendência de crescimento de 43% nas emissões anuais do setor de transporte entre 2005 e 2030. O maior crescimento percentual deve ocorrer no modal aeroviário (71%), mas o maior crescimento absoluto nas emissões ocorrerá no transporte rodoviário (4,07 Mt CO₂e) o qual continuará a ser a principal fonte de emissões no setor de transportes.

No cenário de mitigação a projeção também aponta para um crescimento das emissões anuais do setor, embora a um ritmo menor. O maior potencial de mitigação está no modal rodoviário, que é a principal fonte de emissões, em especial devido ao uso de diesel no transporte de cargas e passageiros. Os resultados indicam que com a adoção das medidas de mitigação as emissões anuais no setor como um todo em 2030 serão de 12,7 Mt CO₂e, representando um crescimento de 8% em relação aos 11,7 Mt CO₂e observados em 2005. Comparando os cenários de referência e de mitigação para o setor de transporte é possível observar que a adoção das medidas de mitigação nesse setor possibilita uma redução de 23,5% nas emissões em 2030.

Tabela 45 - Emissões projetadas de transportes no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Transporte	11,72	15,51	15,69	14,39	15,41	13,94	16,92	12,68	31%	19%	44%	8%
Rodoviário	8,70	11,20	11,70	10,83	11,65	9,92	12,77	8,73	34%	14%	47%	0%
Ferroviário	0,32	0,41	0,29	0,29	0,30	0,27	0,33	0,32	-6%	-14%	2%	-1%
Aéreo	1,60	2,40	2,60	2,35	2,43	2,43	2,74	2,39	52%	52%	71%	50%
Aquaviário	1,10	1,50	1,10	0,93	1,03	1,11	1,09	1,24	-6%	1%	-1%	13%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

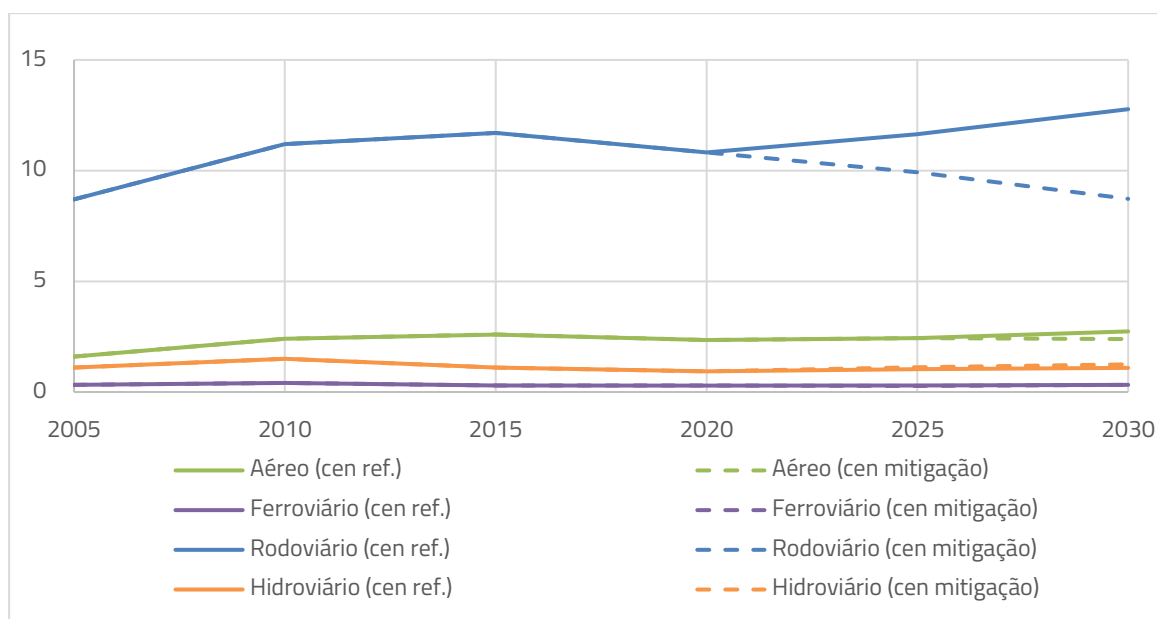


Figura 26 - Emissões projetadas de transportes no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.2.3 Indústria

As emissões do setor industrial são fortemente influenciadas pelo nível de atividade econômica e as trajetórias de emissões para este setor se basearam nas taxas de crescimento de cada segmento industrial obtidas no projeto ICAT fase 1 (para o período 2016-2018) e no projeto DDPBIIICS (para o período 2019-2030).

No cenário de referência os resultados indicam um crescimento de 79% no período como um todo. A maior variação ocorre no uso de energia tanto em termos absolutos quanto em termos relativos, com um crescimento de mais de 100%. As emissões associadas a IPPU, contudo, também apresentam uma tendência de crescimento expressivo e esta continua sendo a principal fonte de emissões da indústria no estado. Dentre os segmentos industriais, o de ferro e aço se destaca tanto por ser o maior emissor no estado quando por ser responsável pela quase totalidade do crescimento esperado nas emissões.

No cenário de mitigação a projeção é de um crescimento de 38% nas emissões ao longo do período (2005 a 2030), menor, portanto, do que o projetado no cenário de referência. As

emissões associadas a IPPU devem apresentar um crescimento de 18% no período, enquanto no uso de energia esse crescimento deverá alcançar 74%. Comparando os dois cenários é possível observar que as medidas de mitigação consideradas permitem uma redução de quase 23% na emissão anual em 2030.

Tabela 46 – Emissões projetadas da indústria no estado Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Indústria (Energia)	5,42	6,12	8,82	8,84	10,10	9,21	11,02	9,44	86%	70%	103%	74%
Processos industriais e uso do produto	9,38	11,58	12,48	12,29	13,89	10,89	15,48	11,04	48%	16%	65%	18%
Indústrias (IPPU e energia)	14,79	17,67	21,34	21,12	23,99	20,10	26,50	20,48	62%	36%	79%	38%
Cimento	1,13	1,84	1,21	1,15	1,31	1,25	1,46	1,30	15%	11%	29%	15%
Ferro e aço	9,09	11,88	15,88	15,47	17,62	15,29	19,44	15,71	94%	68%	114%	73%
Metais não-ferrosos e outros	0,53	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,12	0,11	-80%	-81%	-78%	-80%
Papel e celulose	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,13	0,11	14%	-2%	28%	10%
Química	1,96	1,52	0,91	0,89	1,00	0,93	1,10	0,94	-49%	-53%	-44%	-52%
Alimentos e bebidas	0,41	0,40	0,36	0,36	0,40	0,37	0,44	0,40	-3%	-10%	7%	-2%
Outras indústrias	1,57	1,81	2,77	3,07	3,45	2,07	3,82	1,90	120%	32%	143%	21%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

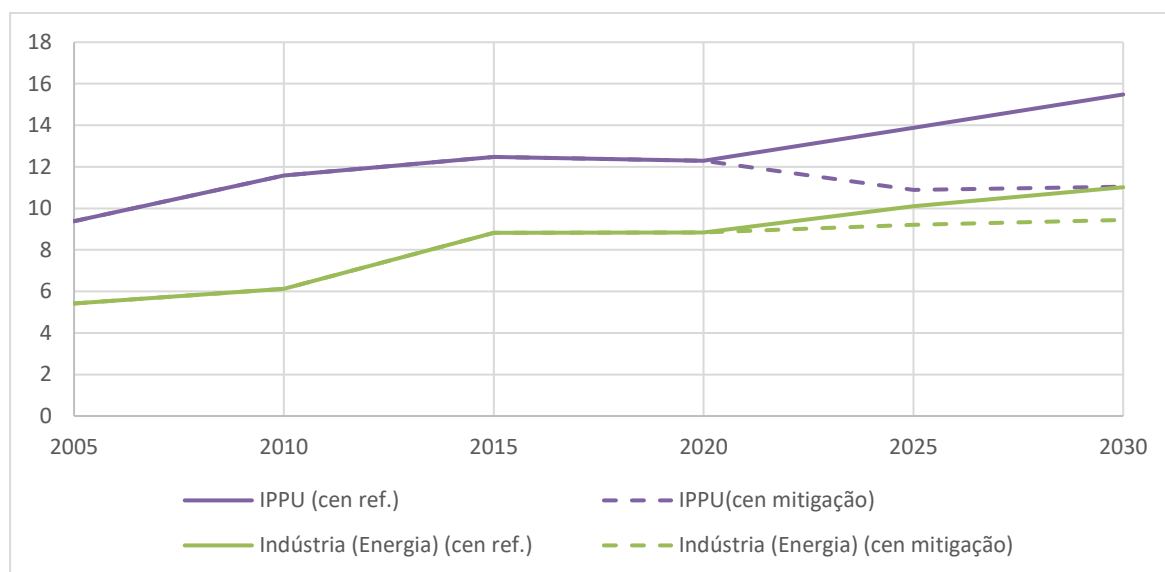


Figura 27 – Emissões projetadas da indústria no estado Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.2.4 Outros setores de uso de energia

A projeção da trajetória de emissões associadas ao uso de energia em outros setores (agropecuário, residencial, comercial e público) se baseou nas taxas de crescimento das emissões de cada um desses setores no Brasil obtidas no projeto ICAT fase 1 (para o período de 2016 a 2018) e no Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS (para os anos subsequentes). As emissões relativas ao consumo de combustíveis nos setores agropecuário, comercial e público incluem aquelas oriundas de usinas autoprodutoras e do consumo direto de combustíveis (demanda final), enquanto no setor residencial as emissões incluem apenas a demanda final.

No cenário de referência os resultados indicam um crescimento de 100% nas emissões entre 2005 e 2030, sendo que esse aumento estará concentrado no período de 2005 a 2015, seguido por um crescimento mais moderado nos anos seguintes até 2030. O maior crescimento absoluto é projetado no setor residencial, que é a principal fonte de emissões entre os quatro analisados, enquanto o setor comercial é o segundo maior e deverá ter o maior crescimento percentual, de mais de 200%. Por outro lado, a agropecuária é o único setor que deverá apresentar queda nas emissões no período como um todo.

Tabela 47 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO2e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Outros setores de uso de energia	3,01	3,64	5,86	5,88	5,95	5,95	6,03	6,03	98%	98%	100%	100%
Residencial	2,01	2,31	3,38	3,43	3,64	3,64	3,85	3,85	81%	81%	91%	91%
Público e comercial	0,73	1,04	2,35	2,23	2,12	2,12	2,01	2,01	190%	190%	175%	175%
Agricultura	0,27	0,29	0,13	0,21	0,19	0,19	0,18	0,18	-29%	-29%	-35%	-35%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

No cenário de mitigação não foram consideradas medidas de mitigação específicas para o uso de energia nestes setores, de modo que os resultados coincidem com aqueles apresentados para o cenário de referência, conforme se pode observar na Tabela 47 a seguir.

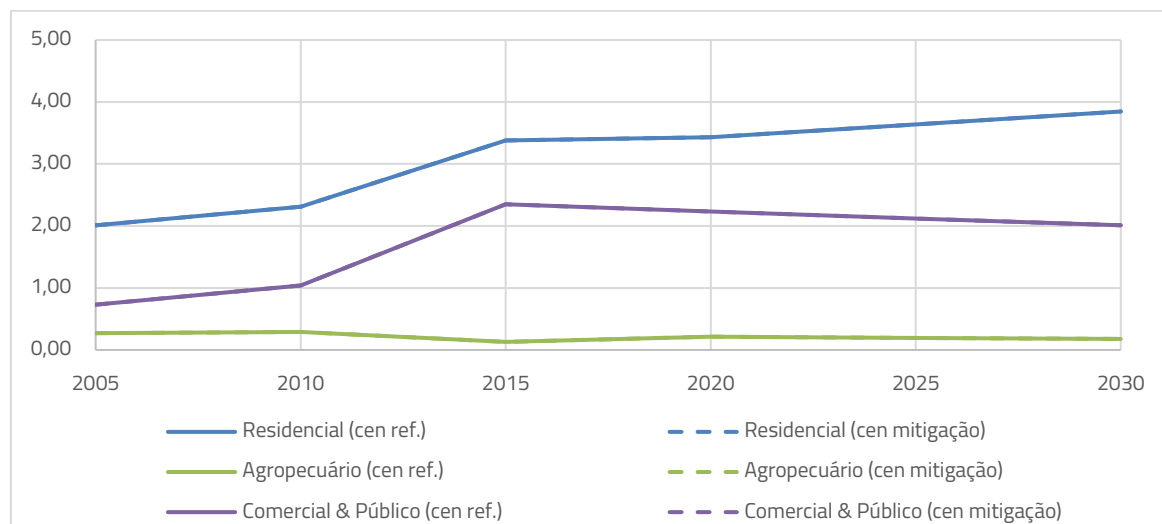


Figura 28 - Emissões projetadas de outros setores de uso de energia no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.2.5 Oferta de energia

A projeção das emissões associadas à oferta de energia no período de 2016 a 2018 se baseou no Balanço Energético Nacional (BEN) para a emissões associadas à geração elétrica e nos resultados do projeto ICAT fase 1 para a produção de carvão vegetal, coque e emissões fugitivas. No período de 2019 a 2030 a projeção utilizou as taxas fornecidas pelo Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS.

No cenário de referência os resultados indicam uma tendência de crescimento das emissões no período de 2020 a 2025, seguido por uma certa estabilidade nos cinco anos seguintes. No período como um todo (2005 a 2030), deverá ocorrer um aumento expressivo de 121% com as tendências atuais. Contudo, essa variação se deve ao crescimento já observado até 2015, de modo que deste ano até o final do período a variação é praticamente nula. Analisando os subsetores é possível perceber que de 2015 a 2030 deve ocorrer uma queda nas emissões

associadas à queima de combustível, enquanto no setor de petróleo e gás deverá ser observado um forte aumento.

No cenário de mitigação, embora os resultados ainda apontem um crescimento expressivo de 102% nas emissões associadas à oferta de energia, esta variação deverá ser ligeiramente menor. Essa diferença em relação ao cenário anterior ocorre principalmente na geração elétrica, que é a principal fonte de emissões. Comparando os dois cenários é possível observar que as medidas de mitigação consideradas permitem uma redução de 9% na emissão anual em 2030.

Tabela 48 – Emissões projetadas de oferta de energia no estado Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Oferta de energia (total)	18,71	25,81	39,79	30,69	38,86	37,37	41,30	37,77	108%	100%	121%	102%
Oferta de energia (combustão de combustível)	12,53	18,53	32,69	23,00	26,68	25,20	27,98	25,43	113%	101%	123%	103%
Consumo do setor de energia	4,99	6,42	10,70	7,07	8,16	7,89	8,59	7,83	64%	58%	72%	57%
Centros de transformação	7,54	12,11	21,99	15,93	18,52	17,30	19,39	17,60	146%	129%	157%	133%
Usinas elétricas	5,90	10,50	20,60	14,53	16,78	15,71	17,65	16,05	184%	166%	199%	172%
Produção de carvão	1,64	1,61	1,39	1,39	1,74	1,60	1,74	1,55	6%	-3%	6%	-5%
Produção de carvão vegetal	0,002	0,001	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	40%	40%	75%	110%
Oferta de energia (Emissões fugitivas)	6,18	7,28	7,10	7,69	12,18	12,17	13,32	12,34	97%	97%	115%	100%
E&P	5,58	6,62	6,45	6,99	11,08	11,08	12,12	11,15	99%	99%	117%	100%
Refinaria de óleo	0,039	0,036	0,034	0,034	0,039	0,035	0,044	0,040	1%	-9%	13%	2%
Transporte de combustível	0,56	0,62	0,61	0,67	1,06	1,06	1,15	1,15	87%	87%	105%	105%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

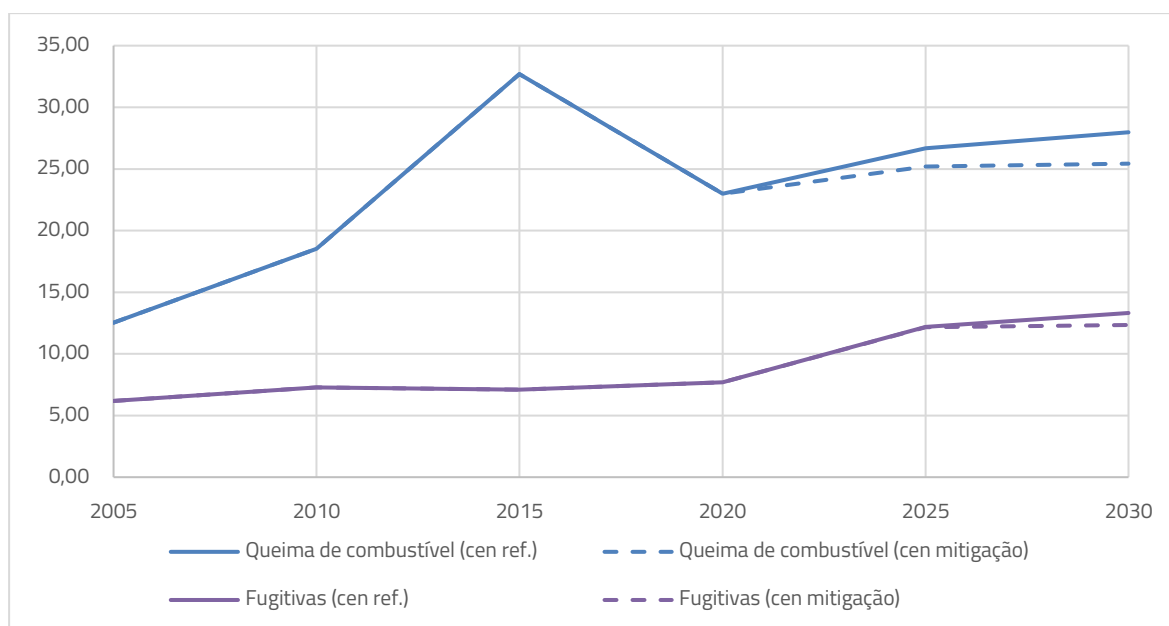


Figura 29 - Emissões projetadas de oferta de energia no estado do Rio de Janeiro (Mt CO2e)

Fonte: Elaboração própria com base no Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.2.6 Resíduos

A projeção da trajetória de emissões no setor de resíduos para o período de 2016 a 2018 se baseou nas taxas de crescimento das emissões de cada setor para o Brasil obtidas no Projeto ICAT fase 1. No período subsequente (2019 a 2030) foram utilizadas as taxas de crescimento das emissões fornecidas pelo Cenário de Políticas Atuais do projeto DDP-BIICS. Para resíduos sólidos urbanos e efluentes líquidos domésticos foi adotada uma taxa de 5% de crescimento projetada para o Brasil no período, enquanto para os resíduos sólidos industriais e efluentes líquidos industriais foi considerada a taxa de 19% de crescimento das emissões esperada no setor de alimentos e bebidas no país.

No cenário de referência é esperado um ligeiro crescimento no período de 2020 a 2030, após as emissões terem apresentado oscilações desde 2005. No período como um todo (2005 a 2030) o crescimento deverá ser de 14%, sendo a categoria de resíduos sólidos urbanos a única com variação negativa. Contudo, na década atual é esperado um crescimento das emissões das quatro categorias.

No cenário de mitigação os resultados apontam para um crescimento de 4% entre 2005 e 2030, com destaque para os resíduos sólidos industriais e os efluentes líquidos industriais. Na categoria de resíduos sólidos urbanos, contudo, é esperada uma redução de 28% nas emissões, superior à redução projetada no cenário de referência.

Tabela 49 – Emissões projetadas do setor de resíduos no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fontes de emissão	2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025		2005-2030	
	Mt CO ₂ e								%			
Cenário					Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.	Ref.	Mitig.
Resíduo	6,63	8,09	5,45	7,22	7,37	6,49	7,56	6,88	11%	-2%	14%	4%
Resíduo sólido	5,23	6,44	3,60	5,32	5,40	4,62	5,52	4,93	3%	-12%	6%	-6%
Resíduo sólido urbano	4,95	6,06	3,09	4,79	4,85	3,65	4,91	3,57	-2%	-26%	-1%	-28%
Resíduo sólido industrial	0,28	0,38	0,51	0,53	0,55	0,97	0,61	1,35	100%	247%	121%	387%
Tratamento e descarte de efluentes líquidos	1,41	1,65	1,85	1,89	1,96	1,87	2,04	1,95	40%	33%	45%	39%
Efluentes líquidos domésticos	1,04	1,08	1,31	1,34	1,38	1,31	1,40	1,33	33%	26%	34%	28%
Efluentes líquidos industriais	0,37	0,57	0,54	0,55	0,58	0,56	0,64	0,62	59%	52%	76%	70%

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

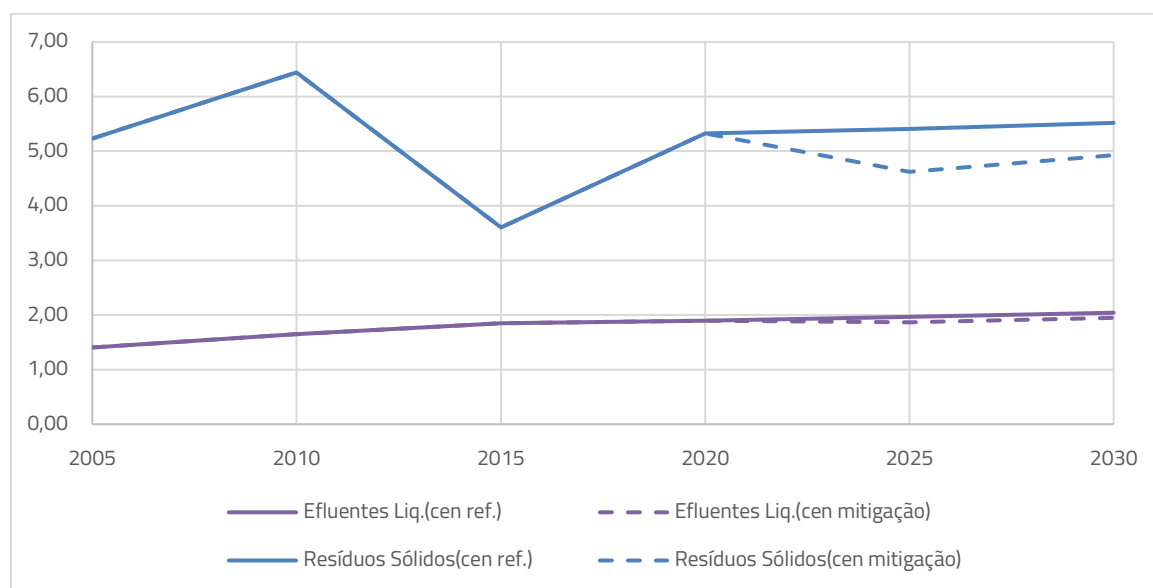


Figura 30 – Emissões projetadas do setor de resíduos no estado do Rio de Janeiro (Mt CO₂e)

Fonte: Inventário de GEE do estado do Rio de Janeiro

Nota: Dados históricos de emissões de 2005 a 2015 e projeções de 2016 a 2030.

5.3 Indicadores de MRV

Esta seção apresenta o conjunto de indicadores de MRV proposto para monitorar a trajetória de emissões do estado, tendo como base os resultados dos cenários de referência e de mitigação apresentados acima. O acompanhamento desses indicadores permitirá aos planejadores do estado verificar em quais setores e subsetores são necessárias medidas adicionais de mitigação e, conseqüentemente, uma revisão dos planos e programas para a redução de emissões.

Este conjunto contém dois tipos de indicadores: i) de emissões absolutas; e ii) de intensidade de emissões. Os indicadores de emissões absolutas indicam o montante de emissões em termos de Mt de CO₂e, conforme já apresentado nos resultados dos cenários acima. Por outro lado, os indicadores de intensidade de emissões indicam a razão entre as emissões absolutas e outras variáveis de interesse, como população e PIB. Para sua elaboração, além dos resultados de emissões dos dois cenários, hipóteses adicionais sobre crescimento demográfico, taxas de crescimento do PIB estadual e outros parâmetros relevantes foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) e da Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ, 2021).

A Tabela 50 a seguir apresenta os indicadores utilizados para monitorar a evolução das emissões, tanto para a economia como um todo quanto para cada setor analisado. Os valores mostram que, enquanto as emissões devem crescer 56% no cenário de referência e 33% no cenário de mitigação entre 2005 e 2030, o PIB estadual deverá crescer 72% no mesmo período, resultando em uma queda na intensidade de carbono do PIB no estado em ambos os cenários (9% de redução no cenário de referência e 23% de redução no cenário de mitigação). Por outro lado, a população deverá crescer apenas 16%, fazendo com que a emissão per capita aumente no período em todos os setores, com exceção do setor de resíduos.

Tabela 50 – Emissões e indicadores econômicos do estado do Rio de Janeiro – Cenários de Referência e Mitigação

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)		2030 metas estaduais
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	
Total do estado	Emissões totais (Mt CO ₂ e)	66	75	93	84	96	88	103	88	46%	34%	56%	33%	
	Emissões totais sem LULUCF (Mt CO ₂ e)	60	76	93	84	96	89	103	88	62%	49%	73%	48%	
	PIB (R\$ milhões 2015)	478.186	632.465	659.139	636.283	726.920	726.920	822.443	822.443	52%	52%	72%	72%	
	Intensidade de carbono do PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	138	119	140	132	132	121	125	107	-4%	-12%	-9%	-23%	< 2005
	Intensidade de carbono do PIB sem LULUCF (t CO ₂ e /R\$ milhões 2015)	125	119	141	132	133	122	125	107	7%	-2%	1%	-14%	
	População (milhões de pessoas)	15,6	16,3	16,8	17,4	17,8	17,8	18,1	18,1	14%	14%	16%	16%	
	Emissões per capita (total t CO ₂ e/hab.)	4,2	4,6	5,5	4,8	5,4	5,0	5,7	4,8	28%	17%	34%	14%	
	Emissões per capita sem LULUCF (t CO ₂ e /hab.)	3,8	4,6	5,5	4,9	5,4	5,0	5,7	4,9	41%	30%	49%	27%	
Oferta de energia e outros indicadores de energia	Oferta total de energia (Mt CO ₂ e)	19	26	40	31	39	37	41	38	108%	100%	121%	102%	
	Total de emissões de oferta de energia sobre o PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	39	41	60	48	53	51	50	46	37%	31%	28%	17%	
Transporte	Emissões de transportes (Mt CO ₂ e)	12	16	16	14	15	14	17	13	31%	19%	44%	8%	-30% comparado a 2010
	Emissões de transportes/PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	25	25	24	23	21	19	21	15	-14%	-22%	-16%	-37%	

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)		2030 metas estaduais
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	
Indústria	Emissões da indústria – energia e IPPU (Mt CO ₂ e)	15	18	21	21	24	20	27	20	62%	36%	79%	38%	
	Valor agregado da indústria (R\$ milhões 2015)	132.033	159.141	131.279	99.137	188.315	188.315	213.061	213.061	43%	43%	61%	61%	
	Emissões da indústria / PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	31	28	32	33	33	28	32	25	7%	-11%	4%	-19%	
	Emissões da indústria/VA da indústria (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	112	111	163	213	127	107	124	96	14%	-5%	11%	-14%	
Outros setores de demanda de energia	Emissões comerciais e públicas (Mt CO ₂ e)	0,7	1,0	2,4	2,2	2,1	2,1	2,0	2,0	190%	190%	175%	175%	
	Emissões comerciais e públicas / PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	1,5	1,6	3,6	3,5	2,9	2,9	2,4	2,4	91%	91%	60%	60%	
	Emissões residenciais (Mt CO ₂ e)	2,0	2,3	3,4	3,4	3,6	3,6	3,8	3,8	81%	81%	91%	91%	
	Emissões residenciais per capita (t CO ₂ e/hab.)	129	142	201	198	204	204	212	212	58%	58%	64%	64%	
	Emissões de energia da agropecuária (Mt CO ₂ e)	0,27	0,29	0,13	0,21	0,19	0,19	0,18	0,18	-29%	-29%	-35%	-35%	
AFOLU	Emissões líquidas AFOLU (Mt CO ₂ e)	11,0	4,7	4,4	4,7	4,6	4,3	4,6	3,8	-58%	-60%	-59%	-65%	
	Emissões líquidas AFOLU /VA da agropecuária (kt CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	5,1	2,2	1,5	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2	-68%	-70%	-72%	-76%	
LULUCF	Emissões líquidas de LULUCF (Mt CO ₂ e)	6,3	-0,2	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,3	-0,4	-105%	-106%	-105%	-106%	

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)		2030 metas estaduais
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	
	Emissões líquidas de LULUCF / PIB (t CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	13,1	-0,3	-0,6	-0,5	-0,4	-0,6	-0,4	-0,4	-103%	-104%	-103%	-103%	
	Emissões líquidas de LULUCF /VA da agropecuária (Kt CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	2,88	-0,09	-0,13	-0,11	-0,10	-0,14	-0,09	-0,11	-104%	-105%	-103%	-104%	
Agropecuária	Emissões da agropecuária (Mt CO ₂ e)	4,7	4,9	4,8	5,0	4,9	4,7	4,8	4,2	4%	1%	3%	-12%	
	Emissões totais da agropecuária, incluindo uso de energia (Mt CO ₂ e)	5,0	5,1	5,0	5,2	5,1	4,9	5,0	4,3	2%	-1%	1%	-13%	
	Valor agregado da agropecuária (R\$ milhões 2015)	2.171	2.157	3.014	2.773	2.826	2.826	3.198	3.198	30%	30%	47%	47%	
	Emissões totais da agropecuária/VA da agropecuária (kt CO ₂ e/R\$ milhões 2015)	2,3	2,4	1,7	1,9	1,8	1,7	1,6	1,4	-22%	-24%	-32%	-41%	
	Emissões da pecuária / VA da agropecuária (kt CO ₂ e/ R\$ milhões 2015)	1,8	1,8	1,3	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0	-23%	-26%	-33%	-43%	
Resíduos	Emissões totais de resíduos (Mt CO ₂ e)	6,6	8,1	5,5	7,2	7,4	6,5	7,6	6,9	11%	-2%	14%	4%	
	Emissões de resíduos sólidos urbanos (Mt CO ₂ e)	5,0	6,1	3,1	4,8	4,9	3,7	4,9	3,6	-2%	-26%	-1%	-28%	
	Emissões totais per capita de resíduos (t CO ₂ e/hab.)	0,43	0,50	0,32	0,42	0,41	0,36	0,42	0,38	-3%	-15%	-2%	-11%	

Indicadores anuais		2005	2010	2015	2020	2025		2030		2005-2025 (%)		2005-2030 (%)		2030 metas estaduais
						Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	Cen. Ref.	Cen. Mit.	
	Emissões per capita de resíduos sólidos urbanos (t CO ₂ e/hab.)	0,32	0,37	0,18	0,28	0,27	0,21	0,27	0,20	-14%	-35%	-15%	-38%	- 65% comparado a 2005
	Emissões de efluentes líquidos urbanos (Mt CO ₂ e)	1,04	1,08	1,31	1,34	1,38	1,31	1,40	1,33	33%	26%	34%	28%	
	Emissões per capita de efluentes líquidos urbanos (t CO ₂ e/hab.)	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,07	0,08	0,07	16%	10%	15%	10%	- 65% comparado a 2005
	Emissões da indústria – resíduos sólidos e efluentes líquidos (Mt CO ₂ e)	0,37	0,57	1,05	1,08	1,14	1,52	1,26	1,97	211%	317%	244%	441%	

Fonte: Inventário de GEE do estado do RJ para os dados históricos; elaboração própria para as projeções

5.4 Síntese do estado do Rio de Janeiro

O Rio de Janeiro ocupa a 11ª colocação no país em quantidade de emissões, segundo dados do SEEG. Embora não esteja entre os maiores emissores, o estado possui um perfil de emissões com predominância do setor de energia, o que faz com que seja relevante para análise das ações de mitigação e a elaboração de indicadores de MRV, podendo servir de referência para outros estados com perfil semelhante. O Rio de Janeiro também vem sendo proativo na agenda climática, com a elaboração de diversas políticas neste campo, além de possuir metas de mitigação estabelecidas em decreto, incluindo tanto uma meta geral de intensidade de emissões para o estado quanto metas para setores específicos.

A avaliação das emissões setoriais históricas do estado mostrou que houve um aumento de 40% no período de 2005 a 2015, fruto principalmente do crescimento das emissões do setor de energia, que passou a representar 75% do total do estado. O setor industrial também apresentou uma variação positiva nas emissões, embora em menor magnitude. Por outro lado, essa tendência foi contrabalanceada pelos setores de AFOLU e de resíduos, que reduziram suas emissões ao longo do período. O setor AFOLU, em especial, teve uma redução expressiva de 59% devido à redução do desmatamento e incremento nas áreas protegidas, fazendo com que as emissões associadas a LULUCF fossem negativas a partir de 2010.

Os resultados do cenário de referência para o estado mostram uma tendência de crescimento de 56% nas emissões no período de 2005 a 2030, embora a maior parte desse aumento já tenha sido observada até 2015 e na década atual seja projetada uma variação menor. O setor de energia é o principal responsável por esse crescimento, seguido por indústria e transportes, enquanto no setor AFOLU a projeção aponte para uma forte redução das emissões no período como resultado da redução do desmatamento e incremento de áreas protegidas.

No cenário de mitigação também é esperado um aumento das emissões no período, embora de magnitude menor. A variação dentre 2005 e 2030 deverá ser de 33%, novamente tendo o setor de oferta de energia como principal responsável pelo crescimento. Os setores que

apresentaram maior potencial de mitigação foram indústria, transportes e a oferta de energia. A comparação dos dois cenários mostra que a adoção de medidas de mitigação adicionais às atuais permitirá ao estado alcançar um nível de emissões em 2030 cerca de 15% abaixo do que teria com as tendências atuais.



CONCLUSÃO

6 Conclusão

Após a adesão do Brasil ao Acordo de Paris e a publicação da Contribuição Nacionalmente Determinada, diversos estudos foram conduzidos visando propor e avaliar ações que poderiam ser implementadas para que o país alcançasse as metas apresentadas no compromisso, de redução de 37% das emissões de GEE até 2025 e 43% até 2030. Mesmo antes deste marco histórico, o Brasil já vinha implementando medidas para a redução de suas emissões, tendo como principal arcabouço legal a Política Nacional de Mudanças Climáticas de 2009.

Entre 2018 e 2019, durante a primeira fase do Projeto ICAT Brasil, foi conduzido um estudo que avaliou essas medidas de mitigação, em particular aquelas propostas pelo Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. Os resultados do estudo mostraram que, se implementadas de forma adequada, seria possível alcançar até 64% de redução nas emissões em 2030, comprovando que havia espaço para o Brasil aumentar a sua ambição climática.

Mais recentemente o governo brasileiro atualizou as metas em duas oportunidades. Em 2020, quando submeteu uma nova NDC, na verdade não houve uma alteração nas metas de mitigação, mas sim uma troca na base de cálculo ao determinar que o nível de referência passasse a ser o das emissões apresentadas no 3º inventário nacional, e não mais do 2º inventário. Posteriormente, em novembro deste ano durante a COP-21, o governo anunciou uma nova meta de 50% de redução até 2030. Em ambos os casos, a ambição climática esteve aquém do potencial que o país possui para mitigar suas emissões, conforme mostrado na primeira fase do Projeto ICAT e em outros estudos.

Diante do atual contexto que se apresenta no Brasil, o envolvimento dos entes subnacionais, isto é, estados e municípios, passou a ser visto como fundamental para que o país pudesse avançar na agenda climática. Desta forma, nesta segunda fase do Projeto ICAT Brasil foram conduzidas avaliações sobre a implementação das medidas de mitigação em nível estadual, bem como foi proposto um sistema de indicadores de MRV que possa ser

utilizado pelas instituições dos estados para monitorar a evolução das ações. Para que este trabalho pudesse ser realizado foram selecionados os estados do Amazonas, Minas Gerais e Rio de Janeiro.

Uma avaliação inicial com relação às emissões históricas setoriais dos estados permitiu observar como as emissões em cada um dos três estados pilotos evoluíram desde 2005 e a identificação das áreas prioritárias para a adoção de medidas de mitigações adicionais em cada um. Os três estados apresentaram aumento nas emissões ao longo do período analisado (importante notar que os períodos foram diferentes para cada estado em função dos dados disponíveis), sendo Minas Gerais o que teve maior crescimento (49,9% até 2014), enquanto Amazonas teve a menor variação (34,5% até 2018 nas emissões brutas).

No Amazonas o crescimento ocorreu principalmente no setor LULUCF (em termos absolutos), embora a remoção de carbono no mesmo setor tenha aumentado em maior quantidade, resultando em uma redução das emissões líquidas. Em termos relativos a agropecuária teve maior crescimento (60%), de modo que o setor AFOLU é sem dúvidas o que demanda maior atenção no estado.

Em Minas Gerais a agropecuária permaneceu ao longo de todo o período como a principal fonte de emissões, embora o setor de energia tenha ganhado mais importância, principalmente depois de 2010. Cabe ressaltar que as emissões relativas a LULUCF foram contabilizadas apenas a partir de 2010 e representam também uma parcela considerável do total do estado, sendo um pouco superiores às da indústria, setor que teve o menor crescimento no período. Assim, Minas Gerais é o estado que possui o perfil de emissões mais diversificado entre os três analisados, o que se reflete na forma com se deve pensar as medidas de mitigação.

No Rio de Janeiro, cujas emissões aumentaram cerca de 40% até 2015, o setor que se destacou ao longo de todo o período foi o de energia, em particular a oferta de eletricidade, que teve um crescimento de 250% nas emissões. Cabe destacar que o inventário estadual,

que serviu de base para as análises, considera emissões de escopo 2 para o setor. Por outro lado, o setor AFOLU se destacou no estado por ter reduzido em quase 60% as emissões. Portanto, o principal ponto de atenção para o estado está no setor de energia, embora seja importante tentar dar maior escala às ações bem sucedidas no setor AFOLU.

As projeções do cenário de referência para as emissões até 2025 e 2030, que levaram em consideração compromissos já assumidos pelo Brasil e ações de mitigação já adotadas, mostraram que se mantidas as tendências atuais as emissões dos três estados deverão aumentar quando comparadas ao nível de 2005. Ou seja, o resultado reforça a necessidade de medidas adicionais de mitigação para que os estados alcancem uma trajetória de emissões compatível com as metas da NDC brasileira.

Essas medidas adicionais foram consideradas nas projeções do cenário de mitigação, que se baseou cenário C da primeira fase do projeto ICAT, o qual incluiu ações de mitigação distribuídas por todos os setores. Mesmo neste caso os resultados indicam que as emissões de Minas Gerais e Rio de Janeiro deverão apresentar crescimento, enquanto o estado do Amazonas é o único que deve alcançar uma redução, principalmente em função do peso do setor de LULUCF.

Quando comparados os dois cenários é possível observar que o estado do Amazonas possui um grande potencial para mitigação das emissões no setor de LULUCF principalmente através da redução do desmatamento. Em Minas Gerais os setores com maior potencial para reduzir as emissões são a agropecuária e o de energia, que são também as duas maiores fontes de emissões no estado. Já no Rio de Janeiro a indústria, os transportes e a oferta de energia são os setores com o maior potencial de mitigação.

A análise dos indicadores de intensidade de emissões (em relação ao PIB e à população) mostrou que há um comportamento heteroêneo entre os estados e os cenários avaliados. Em especial para a intensidade de carbono do PIB, os resultados mostram que nos casos de Minas Gerais e Rio de Janeiro, apesar da projeção de crescimento das emissões tanto no

cenário de referência quanto no de mitigação, esse indicador deve diminuir em ambos os cenários. Ou seja, esses dois estados deverão apresentar menor volume de emissões por unidade de PIB.

Por outro lado, a projeção para o Amazonas, onde a intensidade de carbono do PIB deve aumentar no cenário de referência e diminuir no cenário de mitigação, é importante para ilustrar o descolamento entre o nível de atividade econômica e as emissões oriundas do desmatamento. Ou seja, os resultados para esse estado dependem fortemente da taxa de desmatamento, que é a sua principal fonte de emissões e que não segue a mesma dinâmica das emissões nos demais setores.

Portanto, os resultados obtidos com as análises realizadas comprovam a necessidade da adoção de medidas adicionais de mitigação para que os estados possam alcançar uma trajetória de redução das emissões absolutas de GEE, em especial para Minas Gerais e Rio de Janeiro. As projeções mostram que as tendências atuais são incompatíveis tanto com a NDC brasileira quanto com as metas dos próprios estados. Por outro lado, ao observar a intensidade de emissões em relação ao PIB pode-se notar que algum avanço já foi alcançado, com exceção do Amazonas, onde o nível de emissões não está necessariamente atrelado à atividade econômica. Por fim, para além a avaliação das ações de mitigação, o Projeto ICAT Brasil nesta segunda fase buscou cumprir a missão de contribuir para a elaboração e implementação de políticas públicas para o clima nos estados. Neste sentido, além do uso dos resultados aqui apresentados para a elaboração de políticas e proposição de metas, a metodologia de sistema de indicadores de MRV poderá ser utilizada pelas equipes dos estados para que consigam efetivamente acompanhar a implementação das ações de mitigação em seus territórios.

Referências

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA**. 11 mar. 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/siga>.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C.; ROCHA, R. Deforestation slowdown in the Brazilian Amazon: prices or policies?. **Environment and Development Economics**, v. 20, n. 6, p. 697-722, 2015. Available at: <https://econpapers.repec.org/RePEc:cup:endeec:v:20:y:2015:i:06>:

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. **33º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais – BEEMG Ano Base 2017**. Belo Horizonte, MG: Cemig, 2019. 175 p.

CENTRO CLIMA / COPPE UFRJ; SECRETARIA ESTADUAL DO AMBIENTE; INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE. **Inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Rio de Janeiro Ano Base 2015**: Relatório Final. Rio de Janeiro, RJ: COPPE UFRJ; SEA; INEA, 2017. 275 p.

CEPERJ - Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro. **PIB Estadual e Municipal**. 2021. Disponível em: https://www.ceperj.rj.gov.br/?page_id=210>. Acesso em: abr. 2021.

CNPE - Conselho Nacional de Política Energética. Ministério de Minas e Energia. **Resolução nº 16/2018, de 29 de outubro de 2018**. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/36074/265770/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf/03661cf7-007d-eb99-10b4-61ee59c30941?_ga=2.68678993.179608921.1607430111-729113120.1607430111>. Acesso em: dez. 2020.

DDP BIICS - Deep Decarbonization Pathways. **Deep Decarbonization Pathways in Emerging economies.** (Ongoing Project). Available at: <https://www.iddri.org/en/project/deep-decarbonization-pathways-emerging-economies>

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2020: Relatório Síntese / Ano Base 2019.** Rio de Janeiro, RJ: Empresa de Pesquisa Energética, 2020. 73 p.

FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais: Setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas Período de Referência 2005-2014.** Belo Horizonte, MG: Feam, 2018. 13 p.

FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente. **Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais – Período de Referência: 2005-2014.** Belo Horizonte, MG: Feam, 2016. 57 p.

FJP - Fundação João Pinheiro. **Modelos econométricos de previsão do PIB-MG 2020 e 2021: um estudo conjunto da Direi/FJP e do Cedeplar/UFMG.** Belo Horizonte, MG: FJP, 2020. 28 p.
Disponível em: http://novosite.fjp.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/09/19.11_EI_34.pdf. Acesso em: mai. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil / Minas Gerais - Panorama.** 2020.
Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil / Minas Gerais - Pesquisas / Retroprojeção da população.** 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pesquisa/10086/76551?tipo=grafico>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil / Rio de Janeiro - Panorama.** 2020.
Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/panorama>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil / Rio de Janeiro - Pesquisas / Retroprojeção da população.** 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/pesquisa/10086/76551?tipo=grafico>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios - Séries históricas.** 2020. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=series-historicas&utm_source=landing&utm_medium=explica&utm_campaign=pib>. Acesso em: abr. 2020.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Retroprojeção da população e Projeção da População.** 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>>. Acesso em: abr. 2020.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Terrabrasilis / Downloads.** Disponível em: <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>>. Acesso em: dez. 2020.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.** Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Hayama, Kanagawa, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 1995: The Science of Climate Change.** Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, NY: University of Cambridge, 1996. 588 p.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor,

S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2018. 1535 p.

KAHN, H.; WIENER, A. J. **The Year 2000: A framework for speculation on the next thirty-three years**. New York: The Macmillan, 1967.

LA ROVERE, E. L. et al. Climate change mitigation actions in Brazil. **Climate and Development**, v. 6, n. sup1, p. 25-33, 2014. DOI:10.1080/17565529.2013.812952

SEA - Secretaria de Estado do Ambiente. **Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro - 2015 Relatório Final**. Rio de Janeiro, RJ: Secretaria de Estado do Ambiente, 2017. 271 p.

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. DOWNLOAD DA TABELA GERAL DE DADOS – Brasil e Estados. **Download Base de Dados**, 2019. ISSN 2018/V7.0. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/download>>. Acesso em: abr. 2020.

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. DOWNLOAD DA TABELA GERAL DE DADOS – Brasil e Estados. **Download Base de Dados**, 2020. ISSN 2018/V7.0. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/download>>. Acesso em: dez. 2020.