

Fundação Estadual do Meio Ambiente

# Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais - Ano base 2014

Fundação Estadual do 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, Minas Gerais

Janeiro de 2018

## **APRESENTAÇÃO**

Este relatório integra as “Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais – Ano base 2014”, publicado pela Fundação Estadual do Meio Ambiente em 2016 (disponível em <http://www.feam.br/mudancas-climaticas/inventario-gee>). O trabalho aborda especificamente as emissões e remoções do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF, na sigla em inglês), a partir de uma perspectiva histórica, e permite, agora, a contabilização das emissões de todos os setores conforme orientação metodológica do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). As emissões setoriais aqui disponibilizadas foram integradas aos demais setores – Energia, Agropecuária, Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) e Tratamento de Resíduos – para possibilitar uma avaliação integrada do perfil de emissões de gases de efeito estufa ao longo do tempo, incluindo a identificação de tendências e padrões.

## **INTRODUÇÃO**

A dificuldade de se obter dados geoespacializados oficiais referentes ao setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas – o que possibilita estimar as emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) territorialmente – impediu a inclusão do setor nos últimos inventários de GEE do estado de Minas Gerais, elaborados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM (anos base 2010 e 2014).

É importante ressaltar que o setor apresenta peculiaridades adicionais com relação aos demais. As estimativas devem ser obtidas por meio de matrizes de transição de uso da terra, sendo possível quantificar e identificar as áreas onde ocorreram alterações de uso (i.e., áreas florestadas para pastagens). Tendo em vista a grande variedade de usos possíveis (culturas, pastagens, áreas urbanas, florestas, áreas em recuperação, campos, etc.) e a grande extensão do território mineiro, o levantamento destes dados torna-se uma tarefa complexa.

Geralmente, a obtenção dos dados de entrada para o cálculo de emissões é realizada por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, sendo o território de análise classificado de acordo com classes definidas conforme a necessidade do trabalho. Dessa forma, os dados coletados são referenciados por coordenadas geográficas, o que permite atribuir a cada área amostrada os índices de emissão e remoção de GEE anuais, os quais podem variar significativamente entre os diferentes biomas e regiões de Minas Gerais.

Na esfera federal, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e o Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), da Universidade Federal de Goiás, destacam-se pelo monitoramento histórico e sistemático de áreas desflorestadas de biomas brasileiros – principal fonte de emissão de GEE do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas –, sendo que o INPE se dedica ao bioma Mata Atlântica e o LAPIG ao bioma Cerrado. Adicionalmente, na esfera estadual, o Instituto Estadual de Florestas (IEF) de Minas Gerais possui um sistema de detecção de desmatamento dos biomas do estado (Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga), contudo, tal sistema não permite a elaboração de matrizes de transição precisas para contabilização das emissões de GEE até o presente momento.

Outras iniciativas têm se dedicado a monitorar especificamente as alterações de uso da terra no Brasil – principal fonte de dados e incertezas nas emissões do setor –, como é o caso do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil – Projeto MapBiomas. Trata-se de uma rede colaborativa de especialistas em biomas brasileiros, usos da terra, sensoriamento remoto, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e ciência da computação, que utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados, desenvolvidos e operados a partir da plataforma Google Earth Engine (<http://mapbiomas.org/>). O projeto visa disponibilizar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra para todo o Brasil, sendo atualmente a principal iniciativa não governamental para classificação do uso do solo nacionalmente, considerando todos os biomas. Contudo, como os próprios integrantes do projeto alertam: “Os mapas apresentados ainda possuem uma série de imperfeições entre as quais destacam-se possíveis inconsistências espaciais nas

classificações temáticas, na linha temporal e entre classes temáticas e temas transversais (ex.: agricultura e pastagem)”.

Apesar das dificuldades relacionadas à obtenção de uma base de dados de uso da terra única e robusta para o cálculo das emissões do setor, o Ministério de Ciências, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC) estima uma emissão de 20,5 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub>e) em Minas Gerais, no ano de 2014. Entretanto, outras iniciativas voltadas ao cálculo das emissões de GEE – nacionalmente e por estado da federação – realizadas por agentes não-governamentais, como o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG), indicam divergências acentuadas. O SEEG atribuiu ao setor LULUCF de Minas Gerais a emissão de 73,6 MtCO<sub>2</sub>e em 2014 (SEEG, 2017) – valor 3,5 vezes superior à estimativa estadual do MCTIC.

Assim, nota-se a necessidade de uma metodologia customizada para quantificar as emissões líquidas oriundas do uso e mudança de uso da terra na esfera estadual a fim de lidar com as faixas de variação encontradas na literatura. A partir desta constatação, este trabalho visa contribuir para preencher esta lacuna considerando a metodologia desenvolvida abaixo.

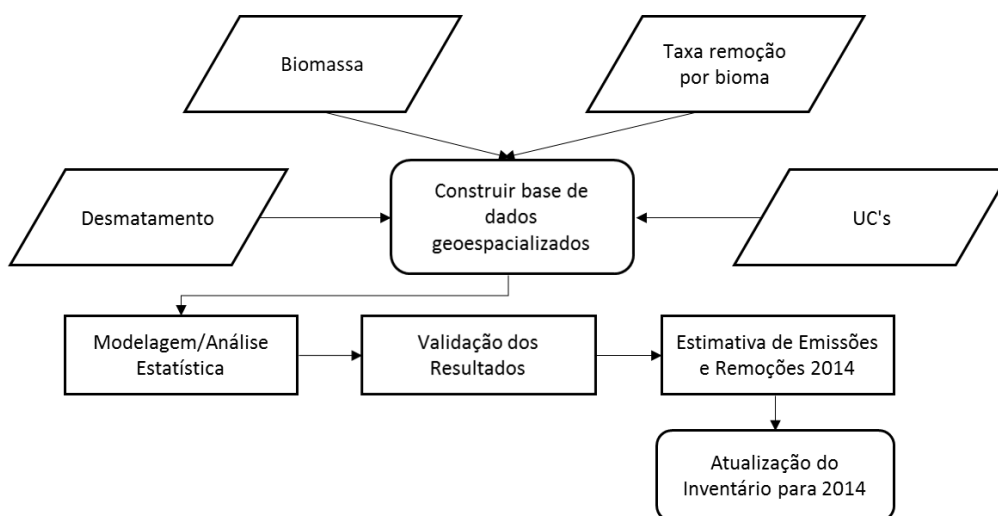
## **METODOLOGIA**

Após análise de consistência e acurácia das bases georreferenciadas e matrizes de transição das fontes citadas acima, foram utilizados os dados geoespacializados produzidos pelo INPE, LAPIG e IEF para contabilização das estimativas estaduais de GEE presentes neste relatório.

Tendo em vista a limitação de informações espaciais para os anos de 2005 a 2009, as emissões foram estimadas apenas para o subsetor Florestas no período de 2010 a 2014. Assim, para calcular as emissões oriundas das transições de áreas florestadas ou de vegetação nativa para outros usos antrópicos, foram levantados dados de alerta de desmatamento nos três biomas do território mineiro, conforme a seguir:

- Bioma Mata Atlântica: dados anuais georreferenciados de monitoramento do desmatamento fornecidos pelo INPE;
- Bioma Cerrado: dados anuais georreferenciados de monitoramento do desmatamento disponibilizados pelo LAPIG<sup>1</sup>;
- Bioma Caatinga: dados anuais de detecção (sem georreferenciamento) de áreas de desmatamento fornecidos pelo IEF.

Na Figura 1, são apresentadas as principais etapas utilizadas para se estimar as emissões do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas em Minas Gerais. Destaca-se a construção de base de dados georreferenciados de desmatamento a partir de dados de biomassa, taxas de remoção, identificação de áreas de desmatamento e áreas de unidades de conservação (para cálculo das remoções de carbono).

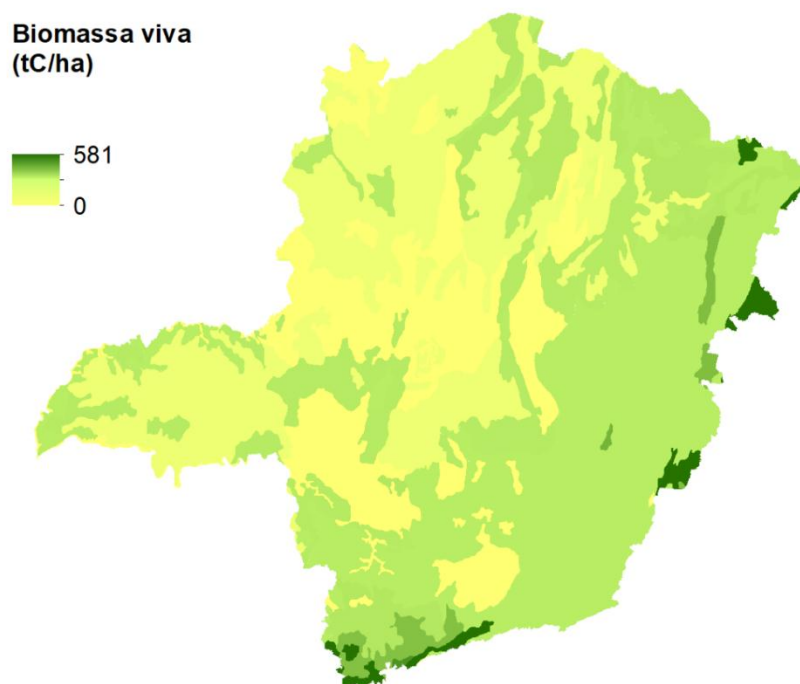


**Figura 1:** Etapas realizadas para se estimar as emissões do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas em Minas Gerais

Com o intuito de quantificar o total de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitido pelo desmatamento, cruzou-se os dados referentes aos biomas Mata Atlântica e Cerrado, por meio de técnicas de álgebra de mapas, com o mapa de biomassa fornecido pelo Centro de Sensoriamento Remoto – CSR/UFMG (Figura 2). Como os dados de

<sup>1</sup> <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/produtos/dados-geograficos>

desmatamento da Caatinga não apresentavam referência geográfica, estimou-se as emissões utilizando a biomassa média do bioma igual a 105,41 tC/ha.



**Figura 2:** Mapa de biomassa viva para o estado de Minas Gerais. Fonte: CSR/UFMG

Para estimar as remoções de CO<sub>2</sub> promovidas por áreas florestais, considerou-se apenas florestas manejadas, ou seja, apenas Unidades de Conservação (UC), excluindo-se as Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN. Os dados georreferenciados das UC foram cruzados com taxas de incremento anual de biomassa viva (acima e abaixo do solo) para florestas manejadas, utilizados na Terceira Comunicação Nacional (MCTI, 2015), conforme segue:

- Mata Atlântica: 0,32 tC/ha;
- Cerrado: 0,20 tC/ha;
- Caatinga: 0,10 tC/ha.

A álgebra de mapas realizada para os dados de desmatamento com os dados de biomassa, bem como a multiplicação entre os mapas de UC com as taxas de incremento de biomassa, foram realizados por meio do *software* Dinamica EGO,

desenvolvido e disponibilizado gratuitamente pelo CSR/UFMG (Soares-Filho et al 2013).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

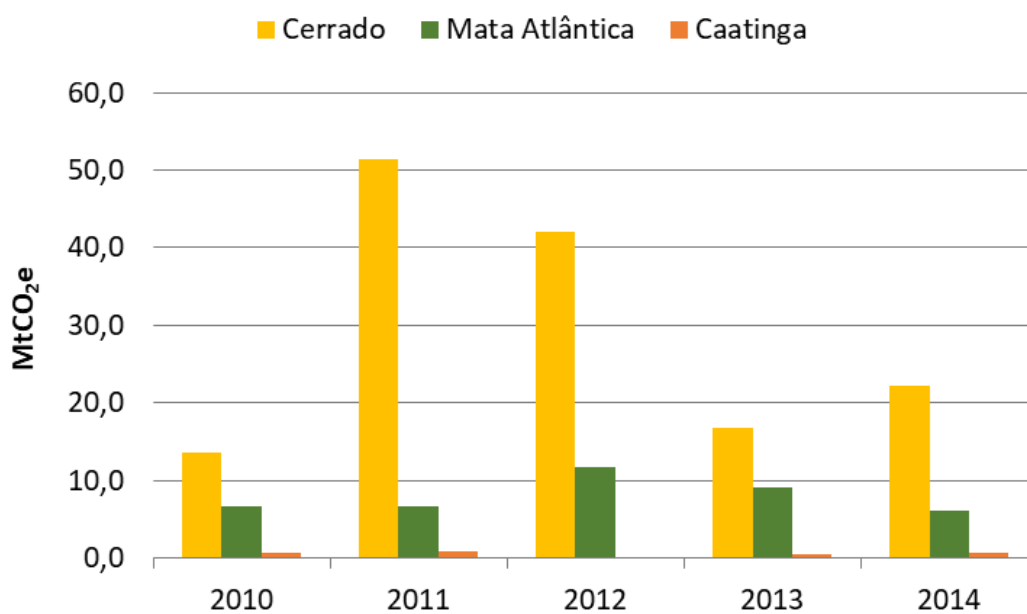
O setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF) apresentou, no período 2010-2014, um pico de emissões no ano de 2011 (58,9 MtCO<sub>2</sub>e) com queda acentuada até atingir 29,1 MtCO<sub>2</sub>e em 2014 (Tabela 1 e Figura 3). As UC federais, estaduais e municipais apresentaram remoções totais de 2,8 MtCO<sub>2</sub>e/ano e um estoque total de 2,3 bilhões de CO<sub>2</sub>e.

O pico de 2011 se deve principalmente ao desmatamento no bioma Cerrado. Neste ano, cerca de 120 mil hectares (ha) foram detectados como desmatamento, ocorrendo uma redução nos anos seguintes, atingindo 45 mil ha em 2014 (Tabela 2). O desmatamento para os biomas Mata Atlântica e Caatinga apresentou um padrão mais constante, com média anual de 7,4 mil ha e 1,5 mil ha, respectivamente (Figura 4).

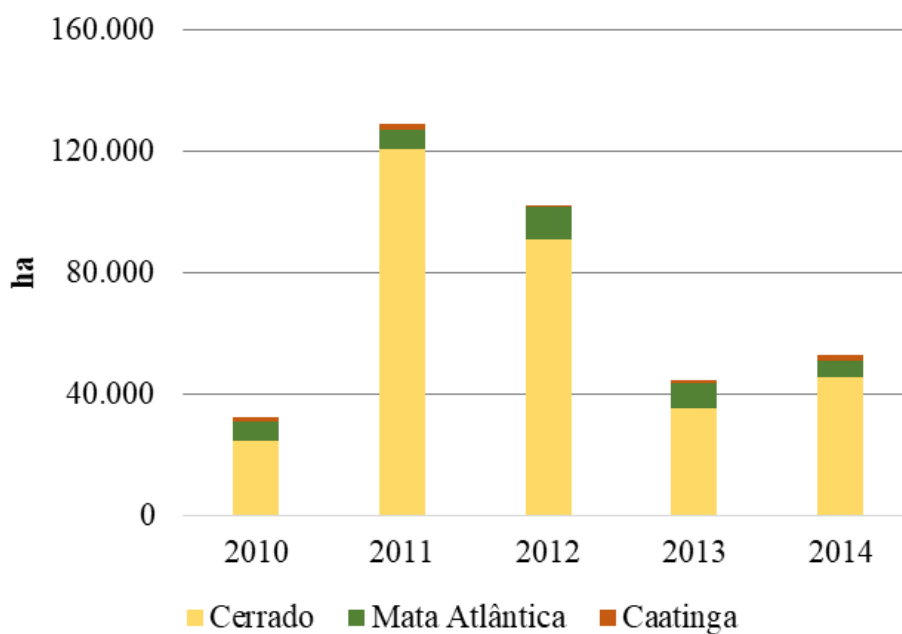
Tabela 1: Emissões por desmatamento e remoções do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas em Minas Gerais

Ano	Emissões de Carbono (MtCO <sub>2</sub> e)			Total
	Cerrado	Mata Atlântica	Caatinga	
2010	13,5	6,8	0,6	20,9
2011	51,4	6,6	0,9	58,9
2012	42,1	11,7	0,2	54,0
2013	16,7	9,1	0,5	26,3
2014	22,3	6,1	0,7	29,1
2015	7,6	8,5	0,5	16,6
2016	8,1	7,8	0,3	16,2
<b>Total</b>	<b>161,7</b>	<b>56,5</b>	<b>3,8</b>	<b>221,9</b>
<b>Média</b>	<b>23,1</b>	<b>8,1</b>	<b>0,5</b>	<b>31,7</b>
	<b>Estoque UC's (MtCO<sub>2</sub>e)</b>			<b>2.351</b>
	<b>Remoções UC's (MtCO<sub>2</sub>e/ano)</b>			<b>2,8</b>



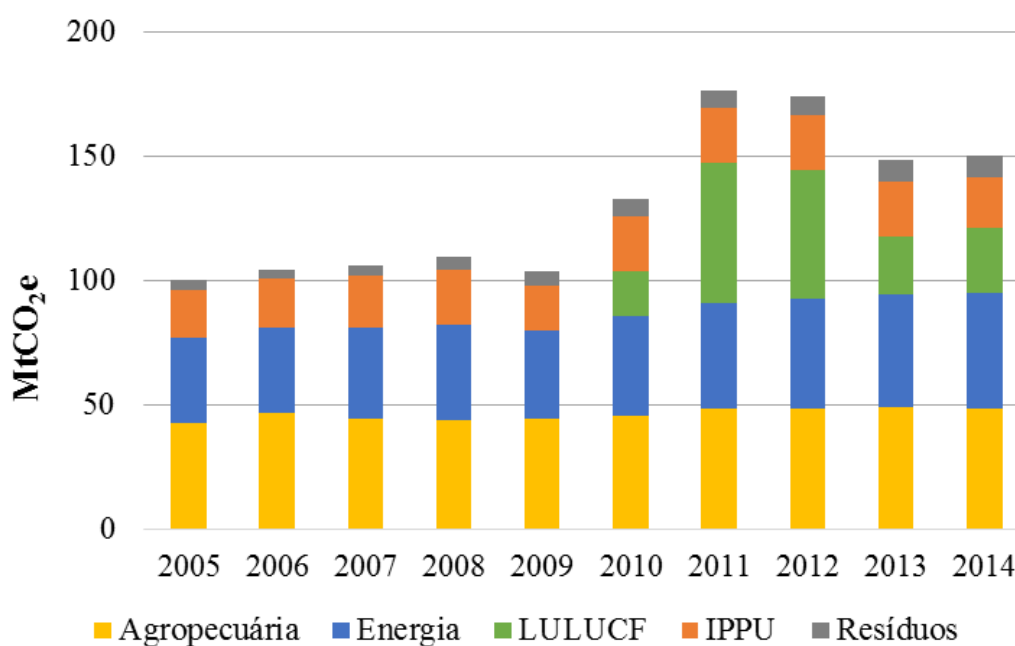


**Figura 3:** Emissões de GEE de desmatamento por bioma no período de 2010 a 2014 em Minas Gerais



**Figura 4:** Desmatamento estimado por bioma no período de 2010 a 2014 em Minas Gerais

Ao se acrescentar as emissões líquidas, contabilizadas neste trabalho, às emissões dos demais setores (FEAM, 2016), observa-se um aumento de 13% das emissões estaduais entre 2010 e 2014, totalizando cerca de 150 MtCO<sub>2</sub>e nesse último ano (Figura 5). Os dados dos demais setores (Tabela 2 e Figura 6) foram retirados do terceiro relatório de “Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais - Ano base 2014” (FEAM, 2016).



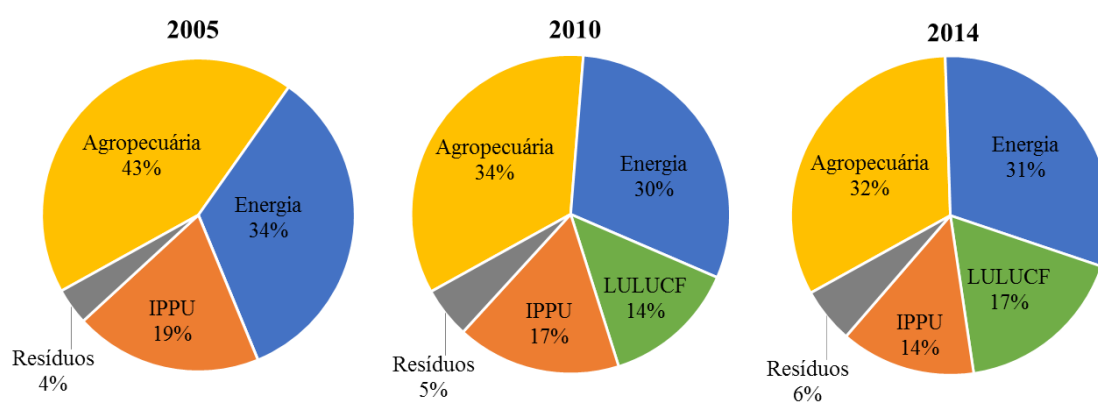
**Figura 5:** Estimativas de emissões estaduais de GEE no período 2005 a 2014 para Minas Gerais<sup>2</sup>

Após a integralização de todos os setores recomendados pelo IPCC, observa-se que, exceto para os anos de 2011 e 2012, o setor Agropecuária tem sido responsável pela maior parte das emissões estaduais, seguido do setor Energia, respondendo por 32% e 31% das emissões totais em 2014, respectivamente (Figura 5). Entretanto, para os anos 2011 e 2012, o setor Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF) foi o maior contribuinte para as emissões estaduais, responsável por aproximadamente 32% e 29% das emissões, no referido período.

Tabela 3: Emissões estaduais de GEE para o período 2005-2014 considerando todos os setores recomendados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

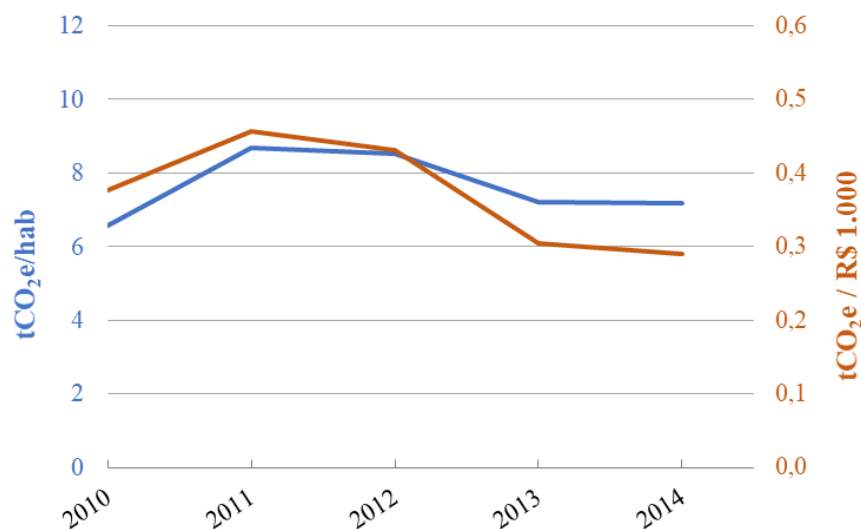
<sup>2</sup> Emissões para o setor LULUCF estimadas a partir de 2010.

Setor	Estimativas de Emissões Atualizadas (MtCO <sub>2</sub> e)									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Agropecuária	42,90	46,70	44,60	44,00	44,40	45,51	48,37	48,72	48,92	48,83
Energia	34,05	34,28	36,7	38,19	35,32	40,03	42,88	44,28	45,36	46,05
LULUCF	-	-	-	-	-	18,09	56,04	51,19	23,48	26,25
IPPU	19,39	19,75	20,87	21,90	18,21	22,08	22,07	22,32	22,30	20,53
Resíduos	3,79	3,74	3,83	5,73	6,04	6,84	7,07	7,65	8,23	8,41
<b>Total</b>	<b>100,13</b>	<b>104,46</b>	<b>106,00</b>	<b>109,82</b>	<b>103,97</b>	<b>132,55</b>	<b>176,43</b>	<b>174,15</b>	<b>148,28</b>	<b>150,08</b>



**Figura 6:** Participação dos setores nas emissões de GEE estaduais em Minas Gerais para os anos 2005, 2010 e 2014

Considerando a população mineira no período 2010-2014, as emissões *per capita* foram de 6,8 tCO<sub>2</sub>e/habitante em 2010, sofrendo um aumento de 32% em 2011, quando atingiu o valor de 8,9 tCO<sub>2</sub>e/habitante. A partir de então, as emissões *per capita* sofreram uma redução de 17%, chegando a 7,24 tCO<sub>2</sub>e/habitante em 2014 (Figura 7). A mesma análise aplicada ao Produto Interno Bruto (PIB) estadual, revela que em 2010 foram emitidos 0,38 tCO<sub>2</sub>e para cada R\$ 1.000 produzidos. Entre 2010 e 2012 ocorreu aumento expressivo, atingindo o pico de 0,46 tCO<sub>2</sub>e/R\$ 1.000 em 2011, e voltando a reduzir nos anos seguintes, até atingir o valor de 0,29 tCO<sub>2</sub>e/R\$ 1.000 em 2014, cerca de 36% inferior ao ano de 2011 (Figura 7).



**Figura 7:** Indicadores de intensidade de emissões em emissões *per capita* e emissões por PIB para o período 2010-2014 em Minas Gerais

## CONCLUSÕES

A contabilização das emissões e remoções do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF) e sua integração aos demais setores permite agora uma análise do perfil de emissões do estado de Minas Gerais ao longo dos últimos anos. Por exemplo, as estimativas indicam que o setor LULUCF foi o principal contribuinte de emissões de GEE nos anos de 2011 e 2012. Para os demais anos, apresentou emissões inferiores aos setores de Energia e Agropecuária, e até mesmo do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) em 2010. Estas estimativas demonstram como a dinâmica do desmatamento influencia significativamente o padrão de emissões de GEE no território mineiro. Por outro lado, demonstram também a importância das Unidades de Conservação para o balanço de carbono no território – 2,8 MtCO<sub>2</sub>e sequestradas por ano e um estoque total de 2.351 MtCO<sub>2</sub>e.

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, ainda não é possível identificar claramente uma tendência para as emissões do setor de Mudança de Uso da Terra e Florestas em Minas Gerais, sendo necessária uma série histórica mais extensa para realização de projeções de cenários futuros. Entretanto, fica evidente o papel do setor para a mitigação das emissões de GEE no território mineiro no curto e médio prazo.

## BIBLIOGRAFIA UTILIZADA

Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, 2016. **Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais. Período de Referência: 2005-2014.** Governo do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil (disponível em [http://www.feam.br/images/stories/inventario/Estimativas\\_GEE\\_2005\\_2014\\_MG\\_FEAM\\_v02-1.pdf](http://www.feam.br/images/stories/inventario/Estimativas_GEE_2005_2014_MG_FEAM_v02-1.pdf))

Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC, 2016. **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil – 3ª edição.** Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED (disponível em <http://www.mcti.gov.br>)

Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa- SEEG, 2017. **Emissões por Estado: Mapas e Fichas** (disponível em [http://plataforma.seeg.eco.br/total\\_emission](http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission))

Soares-Filho B S, Rodrigues H and Follador M, 2013. **A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models.** Environ. Modell Software 2013 43 80–87