

Sistema Estadual do Meio Ambiente
Fundação Estadual do Meio Ambiente

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro Clima

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais



feam
FUNDAÇÃO ESTADUAL
DO MEIO AMBIENTE

**Sistema Estadual do Meio Ambiente
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e
Desenvolvimento Sustentável
Fundação Estadual do Meio Ambiente
Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento**

**Universidade Federal do Rio de Janeiro
Centro Clima**

**Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa
do Estado de Minas Gerais**

**Belo Horizonte
2008**

© Fundação Estadual do Meio Ambiente**Governo do Estado de Minas Gerais**

Aécio Neves da Cunha
Governador

**Sistema Estadual de Meio Ambiente – Sisema
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAD**

José Carlos Carvalho
Secretário

Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM

José Cláudio Junqueira Ribeiro
Presidente

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento

Paulo Eduardo Fernandes de Almeida
Diretor

Instituto Estadual de Florestas – IEF

Humberto Candeias Cavalcanti
Diretor Geral

Diretoria de Desenvolvimento e Conservação Florestal

Luiz Carlos Cardoso Vale
Diretor

Ficha Catalográfica

	Fundação Estadual do Meio Ambiente
F981i	Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais / Fundação Estadual do Meio Ambiente; Centro Clima. --- Belo Horizonte : Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2008.
	104 p.; tab.
	1. Efeito estufa - gases 2. Mudanças Climática 3. Inventário – Minas Gerais. I. UFRJ / Centro Clima. II. Título.
	CDU: 551.583 (815.1)

Rua Espírito Santo, 495, Centro – Belo Horizonte/MG
CEP 30.160-030 (31) 3219 5000
www.meioambiente.mg.gov.br

ELABORAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

CENTRO CLIMA

Coordenação Científica

Emilio Lèbre La Rovere, D.Sc.

Coordenação Executiva

Alexandre Louis de A. D'Avignon, D.Sc.

Supervisão Técnica

Carolina Burle Schmidt Dubeux, D.Sc.

Equipe técnica

Setor de energia

Claudia do Valle Costa, D.Sc.

Marcelo Buzzatti

William Wills, M.Sc.

Setor de processos industriais e uso de produtos

Alexandre D'Avignon, D.Sc.

Paulina Porto, M.Sc.

Setor de agricultura, floresta e outros usos do solo

Anamélia Medeiros Santos, M.Sc.

Rodrigo Ribas, M.Sc.

Setor de resíduos

Flávia Beatriz, M.Sc.

Saulo Loureiro, M.Sc.

SISEMA

Coordenação Geral

Paulo Eduardo Fernandes de Almeida

Coordenação Técnica

Luiz Gonzaga Resende Bernardo

Supervisão Técnica

Laura Maria Jacques Leroy, M.Sc.

Equipe técnica

Setor de energia

Edwan Fernandes Fioravante, M.Sc.

Elisete Gomides Dutra, D.Sc.

Laura Maria Jacques Leroy, M.Sc.

Setor de processos industriais e uso de produtos

Arnaldo Abranches Mota Batista

Humberto Rodrigues Lóes

Ivana Carla Coelho

Liliana Adriana Nappi Mateus

Setor de agricultura, floresta e outros usos do solo

Benhur de Araújo Rocha Filho

Danilo Rocha, M.Sc.

João Paulo Mello Rodrigues Sarmento

José Alberto de O. Soares Teixeira, M.Sc.

Morvan Garcia Reis

Waldir José Melo

Setor de resíduos

Breno Machado Gomes de Oliveira

Denise Marília Bruschi

Guilherme Silvino

Apoio Técnico

Bernadete Albuquerque M. C. Branco

Luciana Martins Arantes

Mara Adelaide Pessoa Dutra

Maria Teresa de Oliveira Costa

Vânia Lúcia Souza Figueiredo, M.Sc.

Estagiária

Bruna Andrade Batista

Apoio Administrativo

Alessandra Mara Santos Alves

Aquiles Junio dos Santos

Soraia Fiúza Paulinelli

APRESENTAÇÃO

Ao anunciar minha recandidatura ao Governo do Estado de Minas Gerais apresentei o Plano de Governo para o período 2007–2010, por meio do documento intitulado “Pacto por Minas – Estratégias para a Transformação Social“. Nele fiz especial menção às ações que a equipe de governo se comprometeria a adotar.

Particularmente na área ambiental, no que tange à questão das mudanças climáticas, o compromisso focou a participação ativa do Estado nos debates sobre o tema. Nesse sentido, destaco a criação e a instalação do Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas Globais, cuja composição foi ampliada em junho de 2007, e a reformulação do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, em dezembro de 2007, com a criação de novas câmaras temáticas, destacando-se a Câmara de Energia e Mudanças Climáticas.

Para conhecermos o perfil das emissões de gases de efeito estufa do Estado de Minas Gerais, determinei a realização deste que é o primeiro inventário estadual de emissão desses gases. As informações nele contidas constituem valioso subsídio que nos permitirá avançar na proposição da Política Estadual de Mudanças Climáticas, em articulação com a correspondente Política Nacional. Também nos orientará com relação à incorporação das questões climáticas no processo decisório inerente às políticas setoriais, estimulando a adoção de práticas e tecnologias capazes de promover a redução das emissões de gases de efeito estufa.

À comunidade científica, aos diversos setores da economia e aos cidadãos mineiros em geral, a cujas contribuições o Governo de Minas sempre foi receptivo, fica aberto o espaço para sugestões.

Ao Fórum Mineiro de Mudanças Climáticas Globais e ao COPAM, por intermédio da Câmara de Energia e Mudanças Climáticas, cabe intensificar a discussão sobre o tema e apresentar propostas para formulação de políticas públicas estaduais. Em especial políticas quanto à ampliação da cobertura florestal, ao uso eficiente de energia, água e matérias-primas, à utilização de energia limpa e renovável, à redução das emissões de gases de efeito estufa pelas atividades industriais, agropecuárias e de transporte, à utilização do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, dentre outras, que possam contribuir para o desenvolvimento sustentável.

Dessa conjugação de esforços resultará, por certo, uma inestimável contribuição de Minas Gerais ao Brasil, como signatário da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima.

Aécio Neves da Cunha
Governador do Estado de Minas Gerais

SUMÁRIO EXECUTIVO

O Governo do Estado, por meio da Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, entidade da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, apresenta o Primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais. A elaboração desse inventário reforça o compromisso assumido pelo País na Convenção-Quadro das Nações Unidas e a importância que o Estado atribui à busca de um meio ambiente sustentável, tanto no âmbito local como global.

O Inventário é fundamental para que se conheça o nível de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e suas principais fontes. É um documento indispensável para a análise das questões relacionadas à intensificação do efeito estufa causado pelas atividades humanas, disponibilizando informações para a proposição de uma Política Estadual de Mudanças Climáticas e de um Plano de Ação que contemple medidas objetivas a serem adotadas para a mitigação das emissões dos GEE em Minas Gerais.

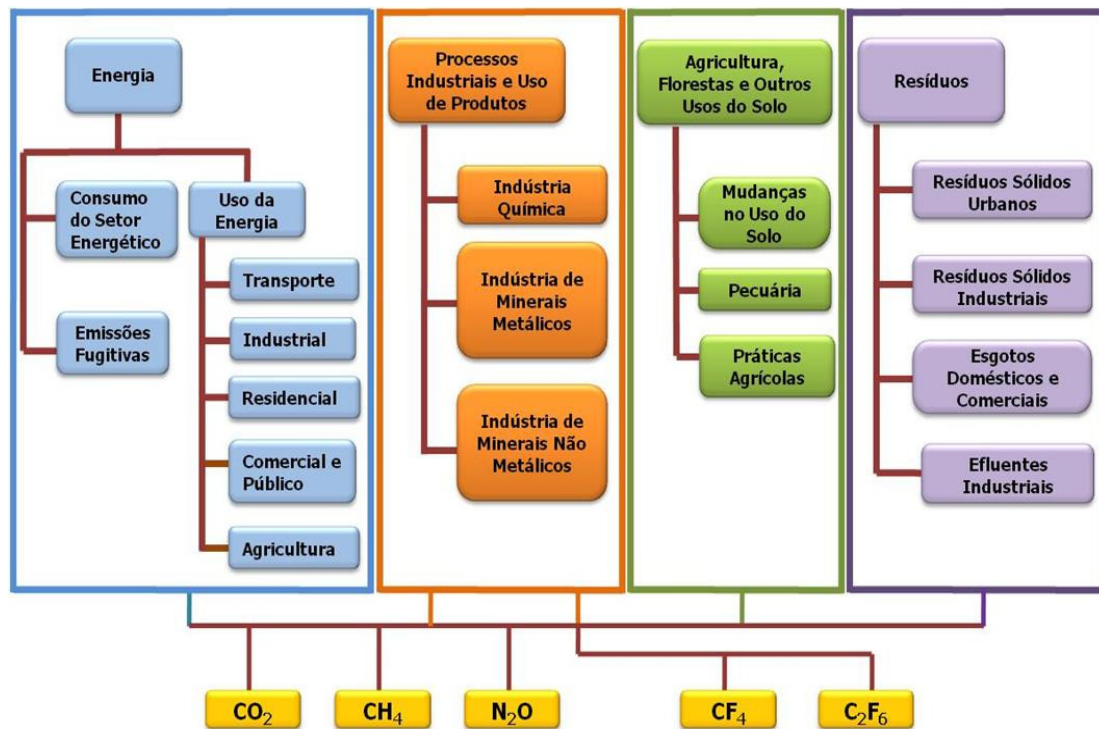
O Inventário identifica o perfil do Estado quanto às emissões de gases de efeito estufa gerado pelas atividades socioeconômicas em 2005. Utilizando a metodologia para elaboração de inventários do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Guia IPCC-2006), adaptada para a escala estadual, foram quantificadas as emissões dos gases de efeito estufa mais significativos, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O), além do perfluormetano (CF_4) e o perfluoretano (C_2F_6), emitidos em menores quantidades.

Este resumo contém as emissões, por fonte de energia, setor socioeconômico e tipo de gás, expressas em **gigagramas de dióxido de carbono equivalente, Gg CO_2eq** , representando o somatório de todos os gases transformados em seu equivalente em CO_2 , considerando-se seus respectivos potenciais de aquecimento global.

Setores Inventariados

O Inventário foi organizado segundo a estrutura sugerida pelo IPCC, cobrindo as emissões dos seguintes setores: “Energia”, “Processos Industriais e Uso de Produtos”, “Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo” e “Resíduos”.

Estrutura do Inventário de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais



Setor Energia

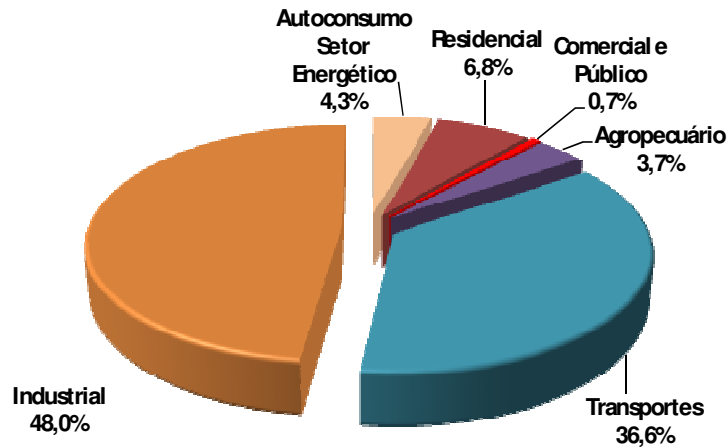
Nesse setor foram consideradas as emissões devidas à produção, à transformação, ao consumo de energia e ao autoconsumo do setor energético. Além das emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis, foram incluídas as emissões resultantes de fugas na cadeia de produção, transformação, distribuição e consumo, denominadas emissões fugitivas.

Foram incluídas as emissões de CO₂ por oxidação do carbono contido nos combustíveis durante a sua queima, seja para geração de outras formas de energia, como eletricidade, seja no consumo final. Foram contabilizadas também as emissões de CH₄ e N₂O durante o processo de combustão, e as emissões fugitivas de CH₄ associadas ao petróleo e ao gás natural, durante seu transporte e distribuição em dutos.

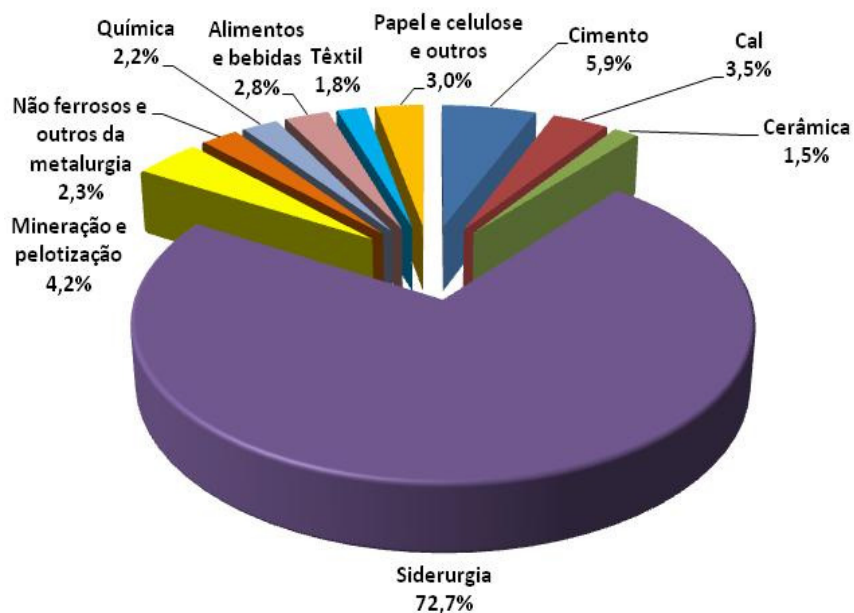
As emissões de GEE devidas ao Setor Energia somaram 45.348 Gg CO₂eq em 2005, com as emissões de CO₂ representando 94,1% desse total. O uso de energéticos na indústria foi o maior responsável pelas emissões, com 48,0% de participação, destacando-se a indústria siderúrgica, com 72,7% das emissões. A atividade de transportes foi a segunda com maior

participação, 36,6%, devido, principalmente, ao modal rodoviário que emitiu 96,2% do total. As emissões fugitivas representaram apenas 0,04% do total do Setor Energia.

Participação dos setores socioeconômicos nas emissões totais do Setor Energia

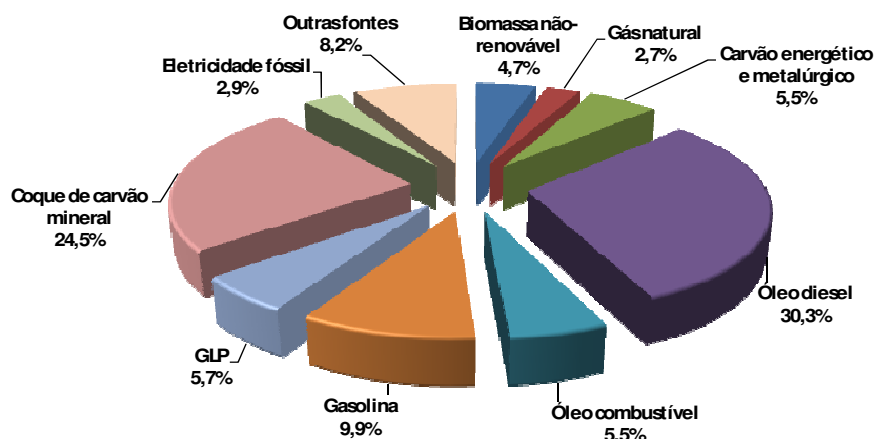


Participação dos subsectores industriais nas emissões totais do Setor Energia



Em termos de emissões por energético o uso de óleo diesel gerou os maiores níveis de emissão, com 30,3% de participação, devido ao seu uso no transportes, seguido pelo coque de carvão mineral, com 24,5%, e da gasolina, com 9,9%.

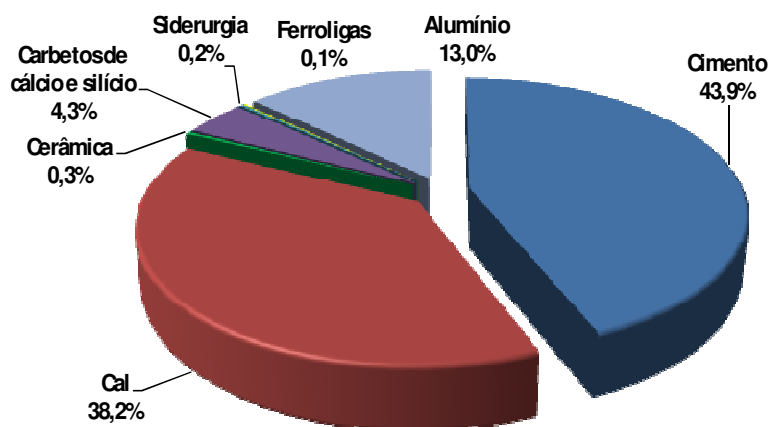
Participação dos energéticos nas emissões totais do Setor Energia



Setor Processos Industriais e Uso de Produtos

Foram estimadas nesse setor as emissões resultantes dos processos produtivos nas indústrias de produtos químicos, minerais metálicos e não metálicos. No setor produtos minerais não metálicos foram consideradas as emissões da produção de cimento, cal e cerâmica. Na indústria de minerais metálicos, as emissões dos setores de produção de ferro e aço, ferroligas, alumínio e zinco. Na indústria química, a produção de carvão de cálcio e de carvão de silício. Na indústria siderúrgica e de ferroligas, as emissões associadas ao processo de redução foram contabilizadas nas emissões resultantes da combustão do Setor Energia.

Participação dos setores socioeconômicos nas emissões totais do Setor Processos Industriais e Uso de Produtos



As emissões totais do Setor Processos Industriais e Uso de Produtos atingiram o valor de 7.086 Gg CO₂eq sendo o CO₂ responsável por 89,8% desse total. A produção de cimento foi a principal responsável pelas emissões do setor, com 43,9%, seguida pela de cal, com 38,2%, e pela de alumínio, com 13,0% de participação.

Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo

Na agricultura e na pecuária são vários os processos que resultam em emissões de gases de efeito estufa. A fermentação entérica dos animais ruminantes herbívoros é uma das maiores fontes de emissão de CH₄. Os sistemas de manejo de dejetos de animais podem causar emissões de CH₄ e N₂O.

A queima de resíduos agrícolas, principalmente na cultura da cana-de-açúcar, produz emissões de CH₄ e N₂O. O CO₂ emitido, embora contabilizado, não é somado ao total de emissões porque por meio da fotossíntese a mesma quantidade foi absorvida durante o crescimento da planta.

A emissão de N₂O em solos agrícolas decorre da aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto de origem sintética quanto orgânica, e da deposição de dejetos de animais em pastagens. Os resíduos vegetais deixados no campo, fonte de nitrogênio, e o processo de fixação biológica desse elemento são fontes de emissão de N₂O. Ainda nesse setor, enquadra-se o cultivo de solos orgânicos que aumenta a nitrificação da matéria orgânica e libera N₂O.

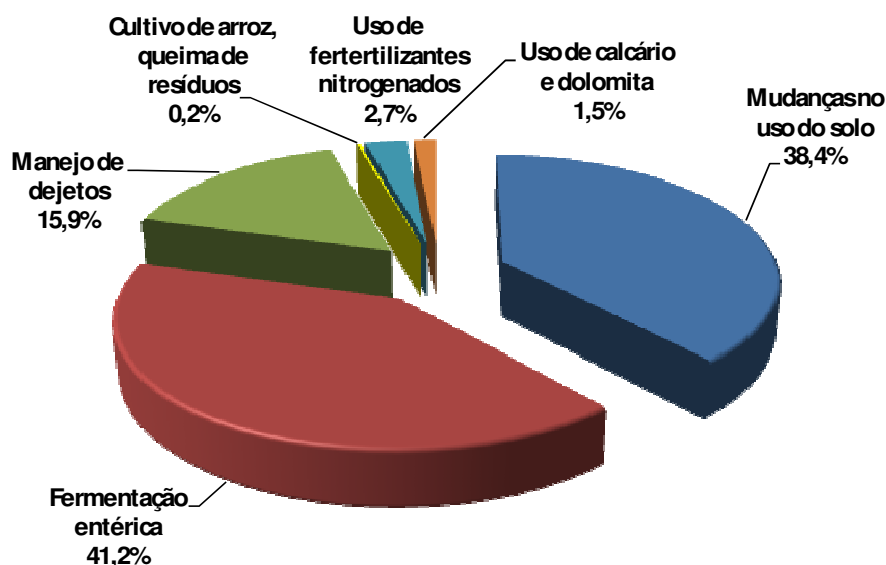
Em Florestas e Outros Usos do Solo, foram consideradas as emissões e remoções de CO₂ por mudança na quantidade de biomassa estocada em florestas plantadas. Foram consideradas as florestas plantadas com fins econômicos destinadas a suprir a indústria de celulose e papel e a indústria siderúrgica.

As mudanças nos estoques de carbono em florestas nativas, não resultantes de atividades de mudança no uso da terra, não foram contabilizadas. No entanto, foram contabilizadas as emissões resultantes da atividade de desflorestamento, com conversão ou não da área para outros usos. Foi estimada também a remoção de CO₂ devida à regeneração de áreas de vegetação nativa por abandono de terras manejadas e as remoções de áreas desflorestadas abandonadas após o corte, mesmo não tendo ocorrido a conversão para outros usos.

As mudanças no uso do solo, sobretudo quando florestas nativas são transformadas em áreas agrícolas ou em pastagens, ou ao contrário, causam mudança no conteúdo de carbono nos solos. Essa alteração depende do tipo de uso e das práticas de manejo. A essa mudança no estoque de carbono, são associadas emissões e remoções de CO₂. A aplicação de calcário em solos agrícolas para combater a acidez e melhorar a fertilidade ocasiona, também, emissão de CO₂. A conversão de solos orgânicos para agricultura é normalmente acompanhada por drenagem artificial, cultivo e calagem, resultando em rápida oxidação de matéria orgânica e estabilização do solo e conseqüente emissão de CO₂.

O Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo foi responsável pela emissão de 63.221 Gg CO₂eq. O principal gás emitido foi o CH₄ (42,4%), seguido do CO₂ (39,9%) e do N₂O (17,7%). A fermentação entérica foi a principal emissora, com participação de 41,2%, que somada ao manejo de dejetos eleva a participação da pecuária para 57,1% das emissões totais do setor. Em seguida, tem-se a mudança no uso do solo, com 38,4% de participação.

Participação das fontes nas emissões totais do Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo

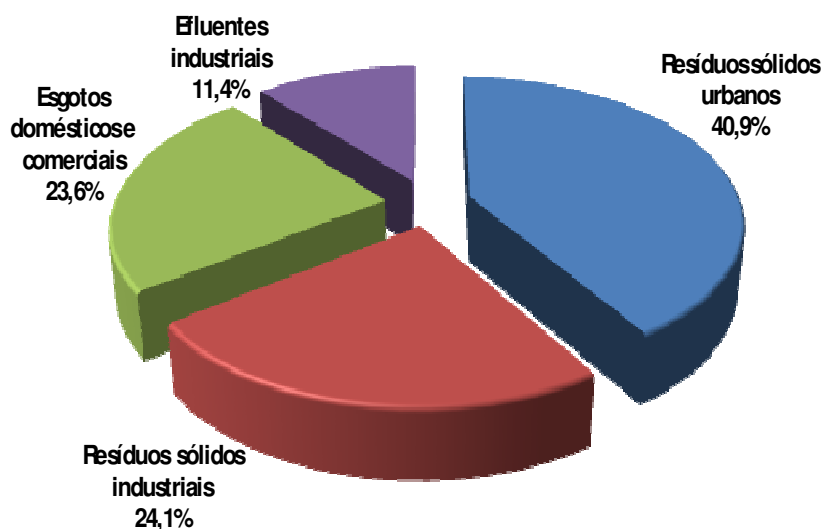


Setor Resíduos

O Setor Resíduos compreende os resíduos sólidos urbanos e industriais e os efluentes comerciais, domésticos e industriais. A disposição dos resíduos sólidos urbanos em aterros

propicia condições anaeróbias que geram CH_4 . Efluentes com um alto teor de material orgânico têm um alto potencial de emissão de CH_4 , em especial os esgotos domésticos e comerciais, os efluentes da indústria de alimentos e bebidas e os da indústria de papel e celulose. No caso dos esgotos domésticos, em função do conteúdo de nitrogênio na alimentação humana, ocorrem ainda as emissões de N_2O .

Participação das fontes nas emissões totais do Setor Resíduos

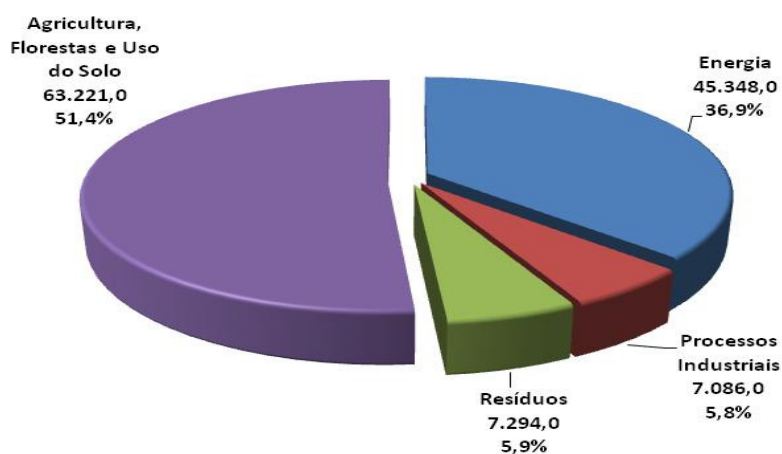


O Setor Resíduos emitiu 7.294 Gg CO_2 eq, sendo 65,0% provenientes dos resíduos sólidos e 35,0% dos efluentes industriais, domésticos e comerciais. Os resíduos sólidos urbanos foram os que mais contribuíram para a emissão de gases de efeito estufa, com participação de 40,9% do total e o CH_4 foi o principal gás emitido, com participação de 82,9%.

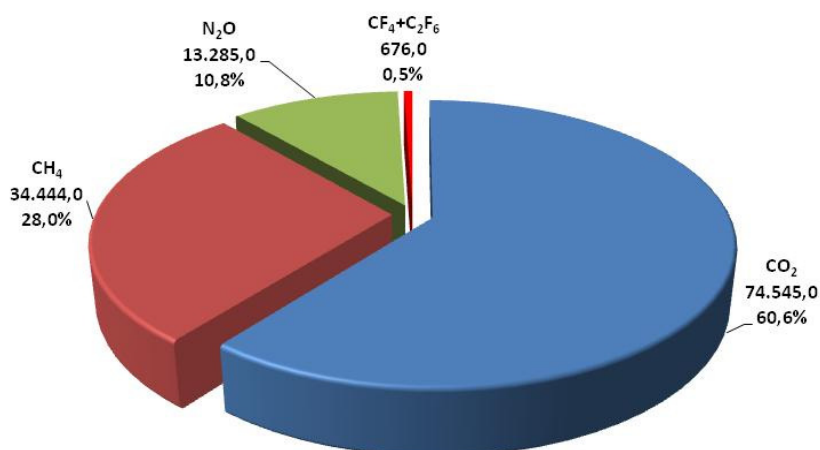
Considerando-se todos os setores, conclui-se que em Minas Gerais o Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo foi o maior emissor de gases de efeito estufa, com 51,4%, valor este devido principalmente à agropecuária. Em segundo lugar está o Setor Energia, com 36,9%, devido à queima de combustíveis fósseis na indústria e em transportes.

Em termos de gases de efeito estufa emitidos, o CO_2 contribuiu com 60,6%, o CH_4 com 28,0% e o N_2O com 10,8% do total.

Participação dos setores nas emissões totais de gases de efeito estufa (valores em Gg CO₂eq)



Participação dos gases de efeito estufa nas emissões totais (valores em Gg CO₂eq)



Principais Resultados em 2005

- As emissões totais de gases de efeito estufa em Minas Gerais em 2005, foram de 122.950 Gg de CO₂eq.
- O CO₂ foi o gás de efeito estufa emitido em maior quantidade, tendo sido responsável por 60,6% das emissões totais.
- As maiores parcelas das emissões líquidas de CO₂ foram provenientes dos setores Energia, 57,2%, e Agricultura, Florestas e Outros Uso do Solo, 33,9%.

- No Setor Energia, a indústria foi responsável por 48,2% e a atividade de transportes por 37,9% das emissões. A siderurgia foi responsável por 72,7% das emissões do uso de energéticos na indústria.
- No Setor Processos Industriais e Uso de Produtos, as indústrias de cimento e cal foram as principais emissoras de CO₂, com participações de 43,9% e 38,2%, respectivamente.
- No setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo a conversão de florestas para outros usos foi responsável pela maior parcela da emissão total de CO₂, 96,3%, estando aí incluídas as remoções de CO₂ pela regeneração de áreas abandonadas e a mudança do estoque de carbono nos solos.
- O Setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo foi o maior emissor de CH₄, com 77,8% de participação. As principais emissões foram decorrentes da fermentação entérica do rebanho de ruminantes, principalmente bovino, que contribuiu com 97,2%.
- As emissões do Setor Resíduos representaram 17,6% do total das emissões de CH₄, sendo a disposição de resíduos sólidos urbanos responsável por 49,3% do total do setor.
- As emissões de N₂O ocorreram, predominantemente, no setor Agropecuário, Florestas e Outros Usos do Solo (84,3%), pela deposição de dejetos de animais em pastagens e, em menor escala, pela aplicação de fertilizantes em solos agrícolas.
- A participação de energia renovável na matriz energética de Minas Gerais foi elevada em função da geração de eletricidade a partir de hidrelétricas e de bagaço de cana-de-açúcar, pelo uso de álcool no transporte automotivo e pelo uso carvão vegetal na indústria.
- As emissões de CO₂ da biomassa renovável queimada com fins energéticos foram de 53.570 Gg CO₂. Esse valor não foi computado nas emissões totais do Estado uma vez que o CO₂ emitido foi absorvido durante o ciclo de crescimento das plantas. Seu uso evitou emissões que ocorreriam caso fossem utilizados, para a mesma finalidade, combustíveis de origem fóssil.
- As emissões per capita do Estado, considerando-se a população mineira de 19,3 milhões de habitantes foram, em 2005, de 6,4 t CO₂eq / habitante.
- O resultado econômico das emissões de GEE, avaliado dividindo-se seu respectivo valor pelo PIB de 2005, mostra que a atividade de serviços emitiu 250 kg CO₂eq por R\$1.000,00 produzidos. Essa mesma correlação para a indústria mostra que foram emitidos 610 kg CO₂eq por R\$1.000,00 produzidos e, para a Agropecuária, incluindo Florestas e Outros Usos do Solo, 3.550 kg CO₂eq por R\$ 1.000,00 produzidos. Considerando-se toda a economia de Minas Gerais no ano de 2005, para cada R\$1.000,00 produzidos foram emitidos 640 kg CO₂eq.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. QUESTÕES METODOLÓGICAS.....	26
2.1 Contextualização	26
2.2 Metodologia Adotada	28
3. RESULTADOS DO INVENTÁRIO	31
3.1. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Setor	31
3.2. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Gás.....	33
3.3. Emissões por Valor Adicionado	37
3.4. Comparação dos resultados com outros inventários	38
3.5. Incerteza das estimativas	39
4. SETOR ENERGIA	42
4.1. Uso de Energia	43
5. EMISSÕES DO SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS	63
5.1 Subsetor Indústria de Minerais não Metálicos	65
5.2 Subsetor Indústria Química	66
5.3 Subsetor Indústria de Minerais Metálicos	67
5.4 Totalização das Emissões de IPPU	68
6. EMISSÕES DO SETOR AGRICULTURA, FLORESTAS E OUTROS USOS DO SOLO.....	70
6.1 Subsetor Agricultura.....	71
6.2 Subsetor Pecuária	75
6.3 Subsetor Florestas e outros Usos do Solo	78
6.4 Totalização das emissões de AFOLU.....	85
7. EMISSÕES DO SETOR RESÍDUOS	86
7.1 Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).....	87
7.2 Resíduos Sólidos Industriais	90
7.3 Efluentes Líquidos	92
7.4 Esgotos/Efluentes Domésticos e Comerciais	93
7.5 Efluentes Líquidos Industriais	96
7.6 Totalização das Emissões do Setor de Resíduos.....	97
8. BIBLIOGRAFIA.....	98
9. ANEXO – EMPRESAS E ENTIDADES CONSULTADAS.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. 1 – O efeito estufa.....	21
Figura 2. 1 – Setores inventariados e os respectivos GEE considerados	30
Figura 2. 2 – Estrutura do inventário: setores, subsetores e respectivos GEE.....	30
Figura 3. 1 – Participação dos setores inventariados nas emissões de GEE – Minas Gerais - 2005 (Gg de CO ₂ eq)	33
Figura 3. 2 – Participação dos gases inventariados no total das emissões – Minas Gerais - 2005 (Gg de CO ₂ eq)	33
Figura 4. 1 – Emissões do setor de energia em percentual de contribuição de cada tipologia – Minas Gerais - 2005	43
Figura 4. 2 – Energia consumida por setor e por fonte (1.000 tEP) – Minas Gerais - 2005	45
Figura 4. 3 – Consumo setorial de energia – Minas Gerais - 2005	45
Figura 4. 4 – Consumo de energia por fontes – Minas Gerais - 2005	46
Figura 4. 5 – Energia consumida por modais de transporte (1000 tEP) – Minas Gerais - 2005 ..	47
Figura 4. 6 – Participação dos modais no consumo do setor transportes – Minas Gerais - 2005.....	47
Figura 4. 7 – Participação das fontes no consumo do setor transportes – Minas Gerais - 2005.....	48
Figura 4. 8 – Energia consumida pelas tipologias industriais, por fonte (1000 tEP) – Minas Gerais - 2005	49
Figura 4. 9 – Participação das tipologias industriais no consumo do setor industrial – Minas Gerais - 2005	49
Figura 4. 10 – Participação das fontes no consumo do setor industrial – Minas Gerais - 2005.....	50
Figura 4. 11 – Emissões totais de energia, por setor e por fonte (Gg CO ₂ eq) – Minas Gerais - 2005.....	52
Figura 4. 12 – Participação dos setores nas emissões totais do Setor Energia – Minas Gerais - 2005.....	52
Figura 4. 13 – Participação das fontes nas emissões totais de energia (%) – Minas Gerais - 2005.....	53
Figura 4. 14 – Participação dos modais nas emissões do subsetor tranportes – Minas Gerais - 2005.....	53
Figura 4. 15 – Participação dos combustíveis no subsetor transportes – Minas Gerais - 2005.....	54
Figura 4. 16 – Participação das diferentes tipologias no total das emissões do subsetor industrial – Minas Gerais - 2005.....	55
Figura 4. 17 – Participação dos combustíveis nas emissões do subsetor industrial – Minas Gerais - 2005	55
Figura 4. 18 – Participação dos gases de efeito estufa nas emissões totais do Setor Energia – Minas Gerais - 2005	60
Figura 5. 1 – Emissões de CO ₂ (Gg CO ₂) do subsetor Indústria de Minerais não Metálicos	66
Figura 5. 2 – Participação dos subsetores de IPPU nas emissões de GEE (%)	69

Figura 6. 1 – Emissões de GEE do setor AFOLU (Gg CO2 eq) – Minas Gerais - 2005	70
Figura 6. 2 – Emissões por tipologia florestal (Gg CO2).....	83
Figura 7. 1 – Participação dos subsetores de Resíduos nas emissões de GEE (Gg CO2 eq)	86
Figura 7. 2 – Emissões de GEE no setor de Resíduos (Gg CO2eq).....	86
Figura 7. 3 – Destinação final do lixo em (%) – Minas Gerais - 2005	89
Figura 7. 4 – Emissão de CO2eq por tratamento final de RSU – Minas Gerais - 2005	90
Figura 7. 5 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos por tipo de gás.....	93
Figura 7. 6 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos domésticos e comerciais, por tipo de destinação – Minas Gerais - 2005	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. 1– Avaliação da influência humana na ocorrência de eventos extremos	22
Tabela 3. 1 – Consolidação das emissões de GEE – Minas Gerais - 2005	32
Tabela 3. 2 – Emissões totais de GEE – Minas Gerais - 2005	34
Tabela 3. 3 – Emissões totais de CO ₂ – Minas Gerais - 2005	36
Tabela 3. 4 – Emissões totais de CH ₄ – Minas Gerais - 2005	36
Tabela 3. 5 – Emissões totais de N ₂ O – Minas Gerais - 2005	37
Tabela 3. 6 – Emissões por valor adicionado – Minas Gerais - 2005	37
Tabela 3. 7 – Emissões per capita – Estado de Minas Gerais e outras regiões (t CO ₂ eq/hab.)..	38
Tabela 3. 8 – Estimativa das incertezas – Minas Gerais - 2005	40
Tabela 4. 1 – Consolidação das emissões do uso de energia nos setores socioeconômicos – Minas Gerais - 2005	42
Tabela 4. 2 – Consumo de combustíveis e eletricidade nos setores socioeconômicos (1000 tEP) – Minas Gerais - 2005	44
Tabela 4. 3 – Emissões em CO ₂ nos setores socioeconômicos – Totalização das emissões do Estado considerando combustíveis fósseis e biomassa (Gg CO ₂ eq) – Minas Gerais - 2005	51
Tabela 4. 4 – Emissões de CO ₂ de biomassa renovável nos setores socioeconômicos – Gg CO ₂ – Minas Gerais - 2005	57
Tabela 4. 5 – Emissões fugitivas de gás natural por tipo de gás – Minas Gerais - 2005	58
Tabela 4. 6 – Emissões totais do setor Energia por combustível – Minas Gerais - 2005	59
Tabela 4. 7 – Emissões totais do Setor de Energia por fonte – Minas Gerais - 2005	59
Tabela 4. 8 – Emissões totais de energia, por fonte e por gás de efeito estufa – Minas Gerais - 2005	61
Tabela 4. 9 – Emissões de GEE proveniente dos Combustíveis Fósseis e Biomassa – Minas Gerais - 2005	62
Tabela 5. 1 – Categorias de processos industriais e uso de produtos	63
Tabela 5. 2 – Produção do setor industrial cujas atividades foram consideradas no inventário	64
Tabela 5. 3 – Emissões de GEE do subsetor Indústria de Minerais não Metálicos	65
Tabela 5. 4 – Emissões de GEE do subsetor indústria química – Minas Gerais - 2005	66
Tabela 5. 5 – Emissões GEE do subsetor Indústria de Minerais Metálicos – Minas Gerais - 2005	68
Tabela 5. 6 – Emissões de GEE do setor IPPU – Minas Gerais - 2005	69
Tabela 6. 1 – Principais culturas, áreas ocupadas e respectiva produção total	71
Tabela 6. 2 – Emissões de GEE do cultivo de arroz – Minas Gerais - 2005	72
Tabela 6. 3 – Emissões de GEE da queima da palha da cana-de-açúcar	72
Tabela 6. 4 – Emissões diretas de N ₂ O por solos agrícolas – Minas Gerais - 2005	73
Tabela 6. 5 – Emissões indiretas de N ₂ O por solos agrícolas – Minas Gerais - 2005	74
Tabela 6. 6 – Emissões de CO ₂ no uso de calcário – Minas Gerais - 2005	74

Tabela 6. 7 – População dos rebanhos mineiros e nacionais	76
Tabela 6. 8 – Emissões de metano de animais de criadouro (Gg CH ₄) – Minas Gerais - 2005....	76
Tabela 6. 9 – Emissões de N ₂ O no manejo de dejetos – Minas Gerais - 2005	77
Tabela 6. 10 – Emissões de N ₂ O da pecuária – Minas Gerais - 2005	77
Tabela 6. 11 – Distribuição percentual das principais categorias de cobertura vegetal – Minas Gerais - 2005	79
Tabela 6. 12 – Variação da cobertura vegetal no período 2003-2005 em Minas Gerais.....	80
Tabela 6. 13 – Emissões líquidas ¹ de GEE de uso do solo (Gg CO ₂) – Minas Gerais - 2005... 82	82
Tabela 6. 14 – Emissões/sequestro de carbono (Gg CO ₂) – Minas Gerais ¹ - período 2003/2005.....	83
Tabela 6. 15 – Emissões líquidas de GEE das áreas agrícolas e pastagens (Gg CO ₂)*	84
Tabela 6. 16 – Síntese das emissões de AFOLU (Gg CO ₂ eq) – Minas Gerais - 2005.....	85
Tabela 7. 1 – Produção e destino dos resíduos sólidos urbanos – Minas Gerais - 2005	88
Tabela 7. 2 – Distribuição total dos resíduos sólidos por disposição final	88
Tabela 7. 3 – Emissões de GEE de RSU por região – Minas Gerais - 2005	89
Tabela 7. 4 – Emissões de GEE por tipo de tratamento final.....	90
Tabela 7. 5 – Destinação dos resíduos sólidos industriais	91
Tabela 7. 6 – Emissões de GEE dos resíduos sólidos industriais por destinação final.....	91
Tabela 7. 7 – Emissões de GEE de resíduos sólidos industriais e urbanos.....	92
Tabela 7. 8 – Emissões totais de gases de efeito estufa dos efluentes líquidos	92
Tabela 7. 9 – População atendida segundo a forma de disposição de esgoto sanitário	93
Tabela 7. 10 – Emissões líquidas de metano de esgotos/efluentes domésticos e comerciais ..	94
Tabela 7. 11 – Emissões de óxido nitroso de esgotos/efluentes domésticos e comerciais – Minas Gerais - 2005	94
Tabela 7. 12 – Total de emissões de GEE de esgotos/efluentes domésticos e comerciais Minas Gerais - 2005	95
Tabela 7. 13 – Emissões totais de GEE pelas diferentes destinações dos esgotos/efluentes domésticos e comerciais – Minas Gerais - 2005.....	95
Tabela 7. 14 – Emissões de metano de efluentes industriais – Minas Gerais - 2005.....	96
Tabela 7. 15 – Emissões de óxido nitroso de efluentes industriais.....	96
Tabela 7. 16 – Emissões totais de GEE de efluentes líquidos industriais – Minas Gerais - 2005.....	97
Tabela 7. 17 – Emissões de GEE do Setor de Resíduos – Minas Gerais - 2005	97

1. INTRODUÇÃO

Este documento contém as informações referentes ao Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais, ano base 2005. Trata-se de iniciativa pioneira do governo, sendo que Minas Gerais é o segundo Estado da União a executar um trabalho dessa natureza.

Os resultados fornecidos por este inventário permitem conhecer o perfil do Estado com relação às emissões de gases causadores do efeito estufa no ano de 2005. As informações proporcionadas por um trabalho de tamanha relevância não devem ficar restritas aos órgãos e entidades do Sistema Estadual de Meio Ambiente. É de fundamental importância que sejam compartilhadas com a sociedade mineira e brasileira, pois isto poderá contribuir para promover uma maior participação dos cidadãos nas ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, bem como para alertá-los sobre a necessidade de adaptação às mudanças climáticas globais.

O aquecimento global e as alterações climáticas tornaram-se questões essenciais ao desenvolvimento sustentável. Em vista disso, iniciativas de governo em diversos países têm sido voltadas ultimamente para a redução ou compensação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio de ações que incluem, desde a elaboração de inventários de emissões desses gases, até a proposição de programas para adaptação às mudanças climáticas.

Regulamentação adequada e estímulo a uma atuação responsável em relação a essa questão só são possíveis quando se conhece o perfil das emissões de responsabilidade do país, do estado da Federação ou do município, dependendo da esfera de governo em que se pretende atuar.

Um inventário de GEE serve a vários objetivos, desde a gestão de riscos de emissões de GEE, até a identificação de oportunidades de redução, remoção ou compensação, passando por estímulo a programas voluntários de implementação dessas práticas, aprimoramento regulatório, participação em mercados de GEE e reconhecimento de pioneirismo e antecipação de medidas.

A realização deste inventário estadual de emissões de GEE é um marco institucional muito importante, pois contribui para que o Brasil cumpra seus compromissos como Parte da

Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima (CQNUMC), reforçando a posição de destaque que o país tem nas negociações internacionais sobre as mudanças climáticas globais.

O efeito estufa é um fenômeno natural, ou seja, existe independentemente da ação antrópica. Ele é causado pela presença de vapor d'água e de determinados gases na atmosfera terrestre, razão pela qual estes últimos são ditos gases de efeito estufa (GEE).

A temperatura média do nosso planeta seria de aproximadamente -17°C , em razão do balanço energético da sua superfície com o sol, a atmosfera e o espaço, caso não houvesse a presença do vapor d'água e dos GEE, destacando-se o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). É graças à presença do vapor d'água e dos gases com características “estufa”, isto é, gases “transparentes” às radiações solares, mas capazes de absorver a radiação térmica refletida pela terra, que a temperatura média do planeta atualmente gira em torno de 15°C . Sem o efeito estufa causado por mecanismos naturais a vida como se conhece não poderia existir na terra.

Sabe-se que a presença dos GEE na atmosfera – medida em termos de concentração – vem aumentando devido às atividades humanas, tais como a queima de combustíveis de origem fóssil, a decomposição anaeróbica de resíduos orgânicos, a introdução de alguns processos industriais, a produção e o manuseio de gases sintéticos, capazes de provocar o efeito estufa, tais como o hexafluoreto de enxofre (SF_6), os gases da família dos hidrofluorcarbonos, genericamente ditos HFC, os gases da família dos perfluorcarbonos, genericamente ditos PFC, dentre outros (ver Diretrizes IPCC de 2006 para Inventários de GEE).

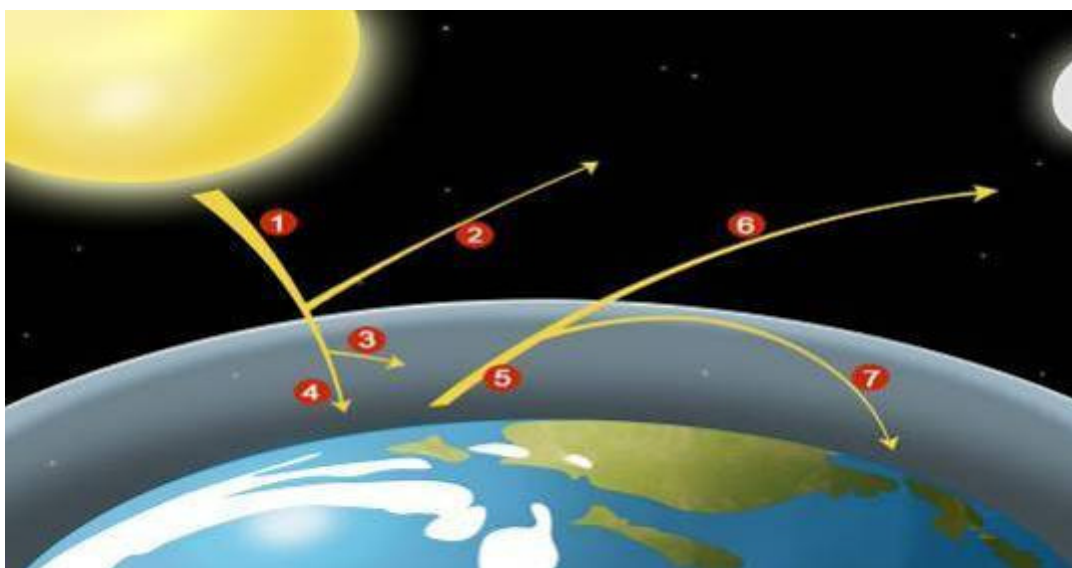
Estima-se que em 1850, época da consolidação e da expansão da Revolução Industrial, a concentração de CO_2 na atmosfera era de aproximadamente 270 ppm. Atualmente, segundo o 4º Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), a concentração desse gás ultrapassa os 375 ppm, caracterizando um aumento de quase 39%. Esse incremento na concentração tem, segundo os especialistas, chances enormes de estar associado a causas antrópicas.

Assim, o grande problema a ser enfrentado atualmente é o aumento de intensidade do efeito estufa, causado por mecanismos não naturais. A intensificação do efeito estufa representa um grave problema, pois é a principal causa do aquecimento global, isto é, do aumento da

temperatura média do nosso planeta, que nos últimos 100 anos foi de 0,6°C, aproximadamente.

Os cientistas do IPCC prevêem que a temperatura média continue aumentando ao longo dos próximos 100 anos, no mínimo. No cenário mais otimista, estima-se que esse aumento será de 1,5°C, e no mais pessimista, de 5,8°C. Para que se tenha uma noção do que esse aumento representa, a variação da temperatura média da Terra ficou em torno de 6°C desde a última era glacial até os dias de hoje, ou seja, ao longo de 12.000 anos, aproximadamente.

A Figura 1. 1 mostra a dinâmica do efeito estufa causada pela presença dos GEE na atmosfera.



Fonte: Elaborado a partir de <http://www.nccnsw.org.au/member/cipse/context/>

Figura 1. 1 – O efeito estufa

Grande parte da energia da Terra vem do sol (1). Parte da energia do sol que alcança a atmosfera terrestre é refletida de volta ao espaço antes mesmo de chegar à superfície (2), enquanto a uma parte energia na faixa dos menores comprimentos de onda é absorvida pela camada de ozônio estratosférico (3). A energia do sol que alcança a superfície da Terra aquece-a (4). A Terra, por sua vez, reflete parte da energia recebida, mas em comprimentos de onda maiores (5). Se toda a energia refletida escapasse de volta para o espaço (6), a temperatura média da superfície da Terra seria aproximadamente -17°C e não 15°C, como atualmente. Graças à presença do vapor d'água e dos GEE na atmosfera parte da energia refletida pela Terra fica retida, contribuindo para manter o planeta aquecido (7).

O aumento da concentração dos GEE na atmosfera poderá causar, portanto, mudanças no clima do planeta com conseqüências drásticas para a humanidade. No Relatório AR4 do IPCC (2007), há uma síntese dos possíveis impactos associados ao aumento da concentração dos GEE na atmosfera pela ação antrópica, conforme Tabela 1. 1.

Tabela 1. 1– Avaliação da influência humana na ocorrência de eventos extremos

Fenômeno e tendência	Possibilidade de que a tendência tenha se verificado no final do século XX (a partir de 1960)	Possibilidade de contribuição humana à tendência observada	Probabilidade de tendências futuras baseadas em projeções para o século XXI
Dias e noites mais quentes em grande parte das regiões terrestres.	Muito provável	Provável	Quase certo
Ondas de calor com maior freqüência na maior parte das regiões terrestres.	Provável	Mais provável que não provável	Quase certo
Maior freqüência de ocorrência de chuvas fortes.	Provável	Mais provável que não provável	Muito provável
Aumento de áreas afetadas pelo fenômeno das secas	Provável em muitas regiões desde 1970	Mais provável que não provável	Provável
Aumento de atividades de ciclones tropicais intensas.	Provável em algumas regiões desde 1970	Mais provável que não provável	Provável
Intensificação da elevação do nível do mar.	Provável	Mais provável que não provável	Provável

Fonte: Relatório AR4 do IPCC (2007)

Diante da perspectiva de surgimento de problemas ambientais, sociais e econômicos, devidos ao aumento da concentração dos GEE na atmosfera, foi estabelecida a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC), em 1992, na sede das Nações Unidas, em Nova York. A CQNUMC foi aberta para assinaturas ainda em 1992, no Rio de Janeiro, durante o evento Cúpula da Terra e entrou em vigor em março de 1994, após ter sido atingido o número mínimo de ratificações previsto em seu artigo 23. A ratificação pelo Brasil aconteceu em fevereiro de 1994.

A CQNUMC reconheceu a grande responsabilidade dos países industrializados (países listados no seu Anexo I) pelas emissões históricas de GEE e, em razão disso, estabeleceu um compromisso desses países em reduzir suas emissões, diferentemente dos países em desenvolvimento, como o Brasil, que ainda não tem essa obrigação (MCT/CNIB 2004). A

Convenção do Clima, como é genericamente conhecida a CQNUMC, tem como órgão supremo a Conferência das Partes (COP), composta pelos países signatários. A COP reúne-se periodicamente para operacionalizar a Convenção; via de regra as reuniões são anuais. A primeira reunião da COP aconteceu em 1995, em Berlim, na Alemanha. A terceira reunião da COP, ocorrida em 1997, em Quioto, no Japão, foi marcante devido à adoção do Protocolo de Quioto. Até hoje foram realizadas 13 reuniões da COP; a última, foi em 2007, em Bali, na Indonésia, e a próxima, a 14ª reunião, está prevista para dezembro de 2008, em Poznan, na Polônia.

O Protocolo de Quioto, instrumento apensado à CQNUMC, foi aberto a assinaturas em março de 1998 e só entrou em vigor em fevereiro de 2005, após ter sido atingido o número mínimo de ratificações previsto em seu artigo 25. A ratificação pelo Brasil aconteceu em junho de 2002. Esse Protocolo estabeleceu o período 2008-2012 com sendo um primeiro período de compromisso. Pelo compromisso estabelecido, os países industrializados (países do Anexo B do Protocolo) têm que atingir a meta de redução de 5,2% de suas emissões de GEE, relativamente às emissões de 1990.

Além das metas de redução de emissões, o Protocolo de Quioto estabeleceu, entre outros, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)¹, por meio do qual países do Anexo B do Protocolo podem adquirir reduções de emissões obtidas por projetos implantados em países não incluídos no Anexo B, ou seja, todos os demais países signatários do Protocolo, que não têm compromisso de redução de emissões. Ao utilizar as Reduções Certificadas de Emissões (RCEs)², obtidas de projetos do MDL, os países do Anexo B podem alcançar suas próprias metas de redução, minimizando custos de mitigação e contribuindo, ao mesmo tempo, para o desenvolvimento sustentável nos países não incluídos no Anexo B. O MDL constitui, dessa forma, uma oportunidade para ambas as partes; países desenvolvidos e países em desenvolvimento.

Novos compromissos e metas poderão ser estabelecidos para o período pós 2012. É possível que países atualmente sem metas, como o Brasil, possam vir a ter que reduzir suas emissões quando do início de um segundo período de compromisso. Muitas propostas já estão sendo delineadas para o período pós 2012 e, em geral, elas se focam, também, na

¹ O artigo 12, item 2 do Protocolo de Quioto estabelece que a finalidade do MDL será a ajuda a países não incluídos no Anexo I da CQNUMGC para atingir o desenvolvimento sustentável e contribuir para o objetivo final da Convenção, e ajudar os países nele incluídos a adequar-se aos seus compromissos quantitativos de limitação e redução de emissões. O item .3 desse mesmo artigo afirma: "(a) países não incluídos no Anexo I se beneficiarão de projetos resultando em reduções certificadas de emissões; e (b) países incluídos no Anexo I podem usar as reduções certificadas de emissões derivadas de tais projetos como contribuição à adequação de parte de seus compromissos quantificados de redução e limitação de emissões..."

² Ou Unidades de Remoção (RMUs) para projetos de seqüestro de carbono.

participação dos países em desenvolvimento, havendo uma tendência em aceitar que diferentes países devam ter distintos tipos ou níveis de compromissos. Vários critérios para fixação de metas são aventados, como por exemplo, renda per capita, emissões per capita, emissões por unidade de PIB, população, emissões históricas, emissões atuais, entre outras.

As principais propostas a esse respeito foram sintetizadas por Pereira e La Rovere, nos Cadernos NAE, em 2005, a partir de uma revisão da literatura especializada sobre o tema. Os autores destacam a atuação do governo brasileiro nos fóruns internacionais de negociação que vem influenciando sobremaneira o debate. Essas propostas demonstram que as emissões anuais não representam uma boa aproximação da responsabilidade pela mudança do clima. Sugere-se assim uma forma prática de aplicação dos princípios das responsabilidades comuns, porém diferenciadas, e do poluidor-pagador, ao propor o estabelecimento de limites para a emissão de GEE pelos países do Anexo I da CQNUMC, a partir de sua responsabilidade na contribuição ao aumento da temperatura do planeta. Os autores encontraram na literatura diversas alternativas para modificação/adaptação da Proposta Brasileira, destacando-se o uso de emissões acumuladas, no lugar de contribuição para aumento de temperatura, como uma aproximação da responsabilidade pela mudança do clima. Outra sugestão foi adotar o ano de 1990 para o início do período de cálculo das emissões acumuladas, pois os dados de emissões anuais estão oficialmente disponíveis a partir daquele ano, permitindo adicionar os valores anuais e calcular o total acumulado desde então. O resultado de emissões acumuladas representa uma melhor aproximação da responsabilidade de cada país no aumento do efeito estufa do que a simples consideração das emissões anuais, que serviram de base para os limites fixados pelo Protocolo de Quioto.

Outras propostas envolvem, como fator motivador do processo de negociação, uma nova subdivisão do grupo de países Não-Anexo I da CQNUMC, como forma de permitir uma maior diferenciação de responsabilidades e capacidades entre eles.

Há também uma nova forma sugerida de participação ativa dos países Não-Anexo I, relacionada à atribuição de metas qualitativas (e não quantitativas), com destaque para as políticas e medidas direcionadas ao desenvolvimento, porém com conseqüências benéficas em termos de redução de emissão de GEE. Deve-se registrar, também, a proposta de ampliação do escopo atual do MDL, que abriria possibilidade de inclusão de políticas e medidas setoriais.

Assim, seja por uma provável necessidade de contribuir, em futuro próximo, para as reduções de emissão globais, ou pela simples possibilidade de obter recursos no mercado de carbono, via MDL, torna-se imperioso o dimensionamento do potencial de mitigação de GEE no Brasil. É importante a identificação de oportunidades que tragam benefícios e não somente custos, o que permitirá reduzir o esforço de contribuição que o país venha a fazer para mitigação das mudanças do clima no planeta.

Nesse contexto, é extremamente oportuno analisar opções que têm os estados brasileiros para contribuir com o esforço coletivo, buscando identificar ações que possam ser implantadas pelos respectivos governos estaduais. A identificação destas opções de mitigação de emissões e remoções de GGE tem como pressuposto a elaboração de inventários e de cenários, como instrumentos de planejamento.

Este inventário estadual consiste em uma etapa do processo de planejamento que revela o perfil das emissões de GEE e respectivas fontes no ano de 2005, em Minas Gerais.

A construção de cenários será uma etapa subsequente à realização do inventário, a qual permitirá, por um lado, uma projeção da linha de base, ou seja, a identificação da tendência futura das emissões de GEE na hipótese de que nada seja feito com vistas à sua redução. Por outro lado, permitirá uma avaliação das possíveis tendências das emissões futuras, em função de diferentes políticas e estratégias em favor do clima, que possam ser adotadas pelo governo, com o objetivo de reduzir as emissões de GEE. Os cenários são, portanto, imagens alternativas de como as emissões poderão estar no futuro, considerando-se a dinâmica das forças motrizes que podem influenciá-las e as incertezas associadas.

2. QUESTÕES METODOLÓGICAS

Um inventário de GEE consiste, em síntese, na quantificação das emissões e das remoções de GEE, respectivamente, por fontes antrópicas e por sumidouros antrópicos, elaborada segundo uma metodologia apropriada e relatada por um país, estado, município ou organização, abrangendo um determinado período de tempo.

A principal questão metodológica a ser considerada é a delimitação da abrangência do inventário, para que este se restrinja àquelas emissões e remoções resultantes de atividades sociais e econômicas do ente que está sendo inventariado (país, estado, município ou organização), tendo em vista que são essas atividades que podem sofrer interferência do governo do país, do estado, do município ou do gestor da organização, respectivamente.

A metodologia utilizada para execução deste inventário está consubstanciada nas Diretrizes do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa.

2.1 Contextualização

O IPCC, Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (do inglês *Intergovernmental Panel on Climate Change*), é uma entidade que provê aconselhamento científico à comunidade mundial, na área de mudanças climáticas globais. Foi criado em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) com a missão de divulgar opiniões de consenso de cientistas de diversas áreas do conhecimento ligadas às questões que envolvem o aquecimento global, seus prováveis impactos e as potenciais políticas de resposta. Já em seu primeiro relatório, publicado em 1990, o IPCC concluiu que estavam ocorrendo alterações climáticas de âmbito global em decorrência do aumento a concentração dos gases de efeito de estufa na atmosfera. O impacto desse relatório foi suficiente para que a comunidade internacional iniciasse negociações com vistas a um acordo sobre o tema, do que resultou a CQNUMC (vide Introdução). Desde a adoção da CQNUMC, os relatórios do IPCC passaram a ser o suporte científico para suas decisões.

Para viabilizar o fiel cumprimento do artigo 4³, item 1, alínea “a” da CQNUMC, o IPCC disponibilizou, em 1995, uma metodologia a ser adotada para elaboração de inventários nacionais de emissões de gases de efeito estufa. Essa metodologia foi alvo de uma primeira revisão em 1996 (*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*) e de uma segunda revisão em 2006 (*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*).

O Brasil, seguindo as determinações do artigo 4 da CQNUMC, apresentou oficialmente em 2004 o documento intitulado a “Comunicação Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima”, o qual é integrado pelo “Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal”.

A “Comunicação Inicial do Brasil” ou simplesmente “Inventário Nacional”, como é comumente referenciado o documento, adotou 1994 como ano base, mas foram apresentados, adicionalmente, valores referentes aos anos de 1990 a 1993. A metodologia utilizada foi a do IPCC, na versão mais atualizada disponível à época, com as adaptações necessárias e devidamente justificadas no texto de Introdução da referida Comunicação.

O Brasil não está obrigado a elaborar anualmente o inventário nacional, diferentemente dos países listados no Anexo I da CQNUMC, que devem fazê-lo segundo essa frequência, conforme previsto no artigo 7 do Protocolo de Quioto. Além disso, tanto a Convenção do Clima quanto o Protocolo de Quioto abrangem apenas países. Dessa forma, no Brasil os estados membros da União não têm a obrigação de elaborar seus respectivos inventários de GEE, como também não têm, atualmente, obrigação de reduzir suas emissões. Isso aumenta o mérito da iniciativa do Estado de Minas Gerais de realizar e publicar o presente inventário, pois além de se constituir numa iniciativa voluntária, evidencia o passo inicial do governo rumo à inovação e ao aprimoramento das políticas públicas estaduais de desenvolvimento sustentável, de tal forma que incorporem também a dimensão climática, fundamentadas no perfil das emissões de GEE do Estado.

³ Artigo 4, item 1 alínea “a” da CQNUMC: “Obrigações – 1. Todas as Partes, levando em conta suas responsabilidades comuns mas diferenciadas e suas prioridades de desenvolvimento, objetivos e circunstâncias específicos, nacionais e regionais, devem: (a) Elaborar, atualizar periodicamente, publicar e por à disposição da Conferência das Partes, em conformidade com o Artigo 12, inventários nacionais de emissões antrópicas por fontes e das remoções por sumidouros de todos os gases de efeito estufa não controlados pelo Protocolo de Montreal, empregando metodologias comparáveis a serem acordadas pela Conferência das Partes.”

2.2 Metodologia Adotada

A base metodológica utilizada neste inventário é o Guia 2006 do IPCC para Inventários Nacionais de GEE (*2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme*). Trata-se, como já visto, de uma metodologia desenvolvida para países.

Quando se utiliza, no contexto estadual, uma metodologia originalmente concebida para países, há que se verificar se a transposição é adequada e em que medida algumas adaptações são necessárias. Além disso, como a realização de inventários nacionais é uma obrigação assumida pelos países “Parte” da CQNUMC, com vistas a subsidiar decisões relativas à adoção de limitações de emissões nacionais, a metodologia busca padronizar a informação, de modo a possibilitar a comparação dos diferentes inventários. Os inventários nacionais são, portanto, exaustivos e padronizados. No caso dos estados, os inventários devem espelhar as necessidades definidas pelas possibilidades de implantação de políticas de mitigação de emissões e remoção e, portanto, devem ser configurados sob este propósito.

De acordo com o Guia 2006 do IPCC, os inventários nacionais incluem emissões e remoções de GEE e remoções que ocorrem dentro de um território nacional e *offshore*, em áreas onde o país tenha jurisdição. Se essa orientação tivesse que ser observada no caso de inventários estaduais no Brasil onde, por exemplo, a oferta de energia elétrica se faz por meio de um sistema interligado, estados com grande consumo de energia elétrica, mas, eventualmente, com baixa participação na geração, não seriam grandes emissores de GEE, posto que o consumo de eletricidade, por si só não emite GEE, mas sim sua geração.

De forma análoga, os estados com grande produção de derivados de petróleo e gás natural e que exportam grande parcela desses energéticos seriam penalizados e assumiriam a responsabilidade por emissões geradas pelas atividades econômicas dos demais estados consumidores, uma vez que, no caso de combustíveis de origem fóssil, as emissões de GEE ocorrem predominantemente no consumo.

Por isto, a metodologia utilizada neste inventário pressupõe a adaptação do Guia IPCC - 2006 de modo que os resultados obtidos expressem a responsabilidade do Estado de Minas Gerais nas emissões de GEE do Brasil.

A principal questão metodológica considerada foi a delimitação da abrangência do inventário, para que se restringisse àquelas emissões cujas fontes resultassem apenas de atividades socioeconômicas de responsabilidade do Estado de Minas Gerais, tendo em vista que são estas as atividades que podem sofrer interferência do Governo do Estado. O inventário, portanto, denomina-se Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais e não, “no Estado de Minas Gerais”.

No que se referem às *Tiers*⁴ utilizadas, estas dependeram da disponibilidade de dados para cada fonte de emissão avaliada. O mesmo se aplica aos fatores de emissão que, sempre que possível, foram obtidos localmente e, na indisponibilidade destes, foram utilizados os da Comunicação Inicial do Brasil (2004). Somente na ausência destes, ou de outros identificados na literatura referente ao Brasil, foram utilizados os fatores *default* do Guia IPCC - 2006.

Neste relatório, além dos resultados obtidos, são apresentados alguns dados levantados sobre as principais fontes de emissão de responsabilidade do Estado. Estão computados os valores de emissão para dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), perfluormetano, também dito tetrafluormetano (CF₄) e perfluoretano, também dito hexafluoretano (C₂F₆).

Os 4 setores objeto de inventários nacionais de acordo com o Guia IPCC – 2006 e que foram também utilizados neste inventário são:

- Energia;
- Processos industriais e Uso de Produtos, cuja sigla, IPPU, é do idioma inglês, *Industrial Processes and Products Use*;
- Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo, cuja sigla, AFOLU, é do idioma inglês, *Agriculture, Forestry and Other Land Use*;
- Resíduos.

Ainda de acordo com o Guia IPCC - 2006, cada um desses setores é composto por subsetores.

⁴ Uma tier representa um nível de complexidade metodológica. Geralmente são oferecidas três tiers. A Tier 1 é o método básico, a Tier 2 o método intermediário e a Tier 3 aquele que demanda mais em termos de complexidade e necessidade de dados. As Tiers 2 e 3 são os métodos considerados mais acurados.

A Figura 2. 1 mostra a relação dos setores inventariados e os GEE considerados. A Figura 2. 2 mostra os setores e os respectivos subsetores inventariados, bem como os GEE considerados em cada um deles.

Energia	N₂O	CH₄	CO₂
Processos industriais e uso de produtos	CF₄	C₂F₆	CH₄ CO₂
Agricultura, floresta e outros usos do solo	N₂O	CH₄	CO₂
Resíduos	N₂O	CH₄	CO₂

Fonte: autores

Figura 2. 1 – Setores inventariados e os respectivos GEE considerados

Energia	Uso de Energia Transporte Indústria Residências Comércio Consumo do Setor Energético Setor Público Agricultura	N₂O	CH₄	CO₂
	Emissões Fugitivas		CH₄	
	Processos industriais e uso de produtos	Minerais Metálicos	CF₄	C₂F₆
Agricultura, floresta e outros usos do solo	Indústria Química		CH₄	CO₂
	Minerais Não Metálicos			CO₂
	Uso do Solo			CO₂
	Pecuária		N₂O	CH₄
Resíduos	Agricultura		N₂O	CH₄ CO₂
	Resíduos Sólidos Urbanos		N₂O	CH₄
	Resíduos Sólidos Industriais		N₂O	CH₄ CO₂
	Esgotos Domésticos e Comerciais		N₂O	CH₄
	Efluentes Industriais		N₂O	CH₄

Fonte: autores.

Figura 2. 2 – Estrutura do inventário: setores, subsetores e respectivos GEE

3. RESULTADOS DO INVENTÁRIO

O Estado de Minas Gerais foi responsável, em 2005, pela emissão de 122.949,40 Gg⁵ de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), dos quais, 42,86 Gg foram de óxido nitroso (N₂O) 1.640,15 Gg de metano (CH₄), 74.544,61 Gg de dióxido de carbono (CO₂) como os principais GEE, além do tetrafluoreto de carbono (CF₄), com 96,48 toneladas e o hexafluoreto (C₂F₆), com 5,33 toneladas.

O gás de efeito estufa com maior contribuição foi o CO₂, com 60,63%, confirmando-se uma tendência global. Em seguida estão o metano, com 28,01%, o óxido nitroso, 10,81%, e os perfluorcarbonos, que somados contribuíram com 0,55%.

Para o cálculo da equivalência em CO₂, utilizou-se o poder de aquecimento global, cuja sigla usual, GWP, também deriva do inglês, *Global Warming Potential*. O GWP é o coeficiente de equivalência ao CO₂ para cada um dos demais gases de efeito estufa. O GWP utilizado no inventário considera um horizonte de 100 anos para os gases inventariados conforme recomendado pelo Segundo Relatório de Avaliação (SAR) do Painel Intergovernamental de Mudança Climática (IPCC, 1995). Dessa forma, o inventário se utiliza do mesmo GWP dos projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), onde o coeficiente de equivalência ao CO₂ é de 21 para o CH₄, 310 para o N₂O, 6.500 para o CF₄ e 9.200 para o C₂F₆.

3.1. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Setor

Os resultados obtidos revelam que as atividades da Agricultura, Florestas e Outros Usos de Solo é o setor com maior emissão com destaque para Pecuária, com 57,1 %, dentre fermentação entérica e manejo de dejetos, do total de emissões do setor, seguido pelo Uso da Terra com 38,4%. AFOLU teve como gás com maior contribuição o metano, seguido pelo dióxido de carbono sendo este último relacionado essencialmente à conversão de áreas florestais.

O Setor de Energia, seja pelo consumo direto ou indireto de combustíveis fósseis, é a segunda maior fonte de emissões, responsável por 36,9% do total do Estado, com destaque do uso de energia no subsetor industrial com 45,5%, seguido por transportes com 36,6%.

⁵ 1 Gigagrama = 1 mil toneladas

A terceira fonte de emissões encontra-se no Setor de Resíduos. Este contribui com os 5,9% do total e a disposição e tratamento de resíduos sólidos participam com 65,0% do setor e os efluentes líquidos com 35,0%.

Por último vem o setor de Processos Industriais e Usos de Produtos, responsável por 5,8% das emissões, dos quais 82,3% são provenientes do subsetor de Minerais não Metálicos, especialmente a produção de cimento e cal.

Apesar de épocas diferentes, o perfil das emissões de Minas Gerais se assemelha àquele que foi mostrado na Comunicação Nacional Inicial do Brasil, na qual o setor com maior contribuição é o de atividades de Agricultura, Pecuária e Florestas, com 51,42% seguido pelo de Energia 36,88%, Resíduos com 5,93% e Processos Industriais e Uso de Produtos com 5,76%.

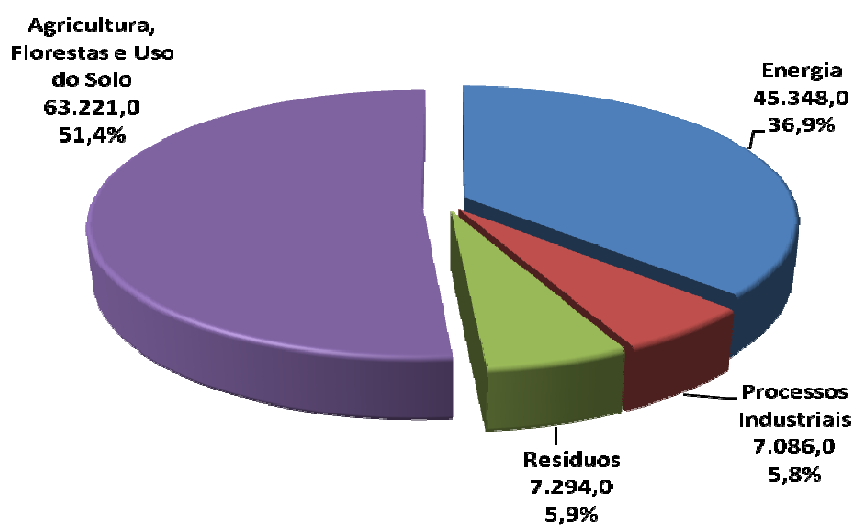
A Tabela 3. 1 apresenta uma síntese dos resultados do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Minas Gerais, ano base 2005. A Figura 3. 1 apresenta graficamente os resultados por setor inventariado, expressos em Gg CO₂ eq.

Tabela 3. 1 – Consolidação das emissões de GEE – Minas Gerais - 2005

Setor	Gg CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CF ₄	t C ₂ F ₆	Gg CO ₂ eq	%
AFOLU	25.240,90	1.275.480,91	36.113,35			63.221,14	51,42
Energia	42.656,69	74.537,19	3.634,98			45.348,82	36,88
Resíduos	282,00	287.980,00	3.110,83			7.293,04	5,93
IPPU	6.365,02	2.153,73		96,48	5,33	7.086,41	5,76
Total geral das emissões	74.544,61	1.640.151,83	42.859,15	96,48	5,33	122.949,40	100,00

Fonte: autores

Na Tabela 3. 2 encontram-se os valores totais obtidos no Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais. Os valores estão contabilizados por quantidades dos gases, em toneladas, a menos das quantidades de dióxido de carbono que são mostradas em Gg CO₂. A última coluna mostra as quantidades de gases de efeito estufa em Gg CO₂ eq.

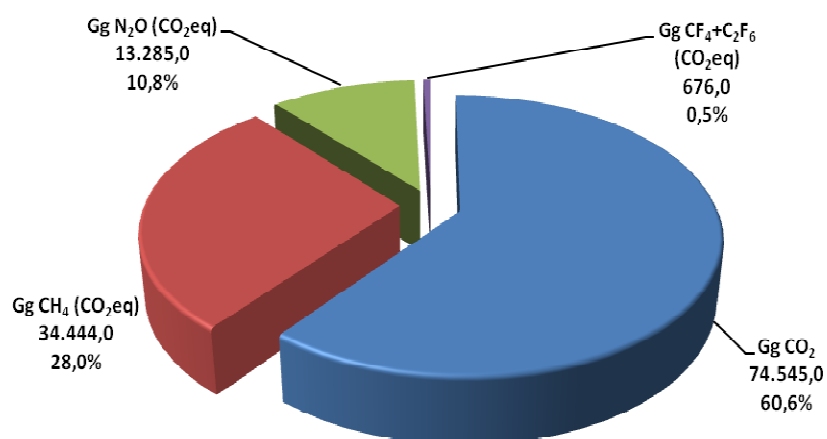


Fonte: autores

Figura 3. 1 – Participação dos setores inventariados nas emissões de GEE – Minas Gerais - 2005 (Gg de CO₂ eq)

3.2. Emissões de Gases de Efeito Estufa por Gás

A Figura 3. 2 apresenta graficamente a participação de cada GEE inventariado no total das emissões expressas em CO₂ eq e porcentagem.



Fonte: autores

Figura 3. 2 – Participação dos gases inventariados no total das emissões – Minas Gerais - 2005 (Gg de CO₂ eq)

Tabela 3. 2 – Emissões totais de GEE – Minas Gerais - 2005

Setor	Gg CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CF ₄	t C ₂ F ₆	Gg CO ₂ eq
Energia	42.656,69	74.537,19	3.634,98			45.348,82
Autoconsumo - Centros transformação	1.616,27	37,56	15,16			1.621,76
Consumo final energético	41.040,42	2.951,08	1.477,16			41.560,31
Residencial	2.385,30	34,96	3,51			2.387,12
Comercial	198,15	1,97	0,31			198,29
Público	88,18	0,25	0,05			88,20
Agropecuário	1.658,85	65,02	12,98			1.664,24
Transportes - Total	16.145,93	2.484,61	1.224,37			16.577,66
Rodoviário	15.555,67	2.477,09	1.092,32			15.946,31
Ferrovário	320,32	0,02	124,54			358,93
Aéreo	269,93	7,51	7,51			272,42
Hidroviário	0,00	0,00	0,00			0,00
Industrial - Total (Energia)	20.564,02	364,26	235,94			20.644,81
Cimento	1.238,31	48,11	10,19			1.242,48
Cal	745,60	24,41	5,22			747,73
Ferro gusa e aço integrado	14.113,87	166,70	191,34			14.176,68
Ferro gusa não integrado	289,83	6,90	3,12			290,95
Ferroligas	362,83	4,43	2,37			363,66
Outros da siderurgia	81,38	1,80	0,53			81,59
Mineração e pelletização	901,80	27,97	7,21			904,62
Não-ferrosos e outros da metalurgia	498,58	14,64	2,84			499,77
Química	473,90	14,70	3,04			475,15
Alimentos e bebidas	535,63	17,54	3,40			537,05
Têxtil	389,91	12,60	2,40			390,92
Papel e celulose	329,53	10,17	1,90			330,33
Cerâmica	297,00	8,46	1,46			297,63
Outros	305,84	5,82	0,92			306,25
Total sem <i>Bunker</i>	42.656,69	2.988,64	1.492,32			43.182,07
Emissões da queima de Biomassa (parcela não renovável)		70.673,70	2.142,66			2.148,37
Emissões Fugitivas Petróleo e Gás Natural	0,00	874,85	0,00			18,37
Total de Emissões do Estado (uso da energia + emissões fugitivas)	42.656,69	74.537,19	3.634,98			45.348,82
Setor	Gg CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CF ₄	t C ₂ F ₆	Gg CO ₂ eq
IPPU	6.365,02	2.153,73		96,48	5,33	7.086,41
Minerais não Metálicos	5.831,91					5.831,91
Produção de Cimento	3.107,67					3.107,67
Produção de Cal	2.703,79					2.703,79
Cerâmica	20,45					20,45
Indústria Química	285,08	975,61				305,57
Produção de Carbetos de Cálcio	64,73					64,73
Produção de Carbetos de Silício	220,35	975,61				240,84
Minerais Metálicos	248,03	1.178,12		96,48	5,33	948,93

Tabela 3. 2 (continuação) – Emissões totais de GEE – Minas Gerais - 2005

Emissões de Siderurgia (Coque +Sinter)		809,81				17,01
Produção de Ferro -LIGAS		368,31				7,73
Produção de Alumínio	248,03			96,48	5,33	924,19
Setor	Gg CO₂	t CH₄	t N₂O	t CF₄	t C₂F₆	Gg CO₂eq
AFOLU	25.240,90	1.275.480,91	36.113,35			63.221,14
Uso do Solo	24.297,10					24.297,10
Fermentação Entérica (Pecuária)		1.240.380,95				26.048,00
Manejo de Dejetos (Pecuária)		28.666,67	30.545,16			10.071,00
Cultivo Arroz (Agricultura)		6.428,57				135,00
Queima da Cana-de-Açúcar (Agricultura)		4,72	0,12			0,14
Uso de Fertilizante Nitrogenado (Agricultura)			5.568,07			1.726,10
Uso de Calcário e Dolomita (Agricultura)	943,80					943,80
Resíduos	282,00	287.980,00	3.110,83			7.293,04
Resíduos sólidos urbanos		142.100,00	4,80			2.984,80
Resíduos sólidos industriais	282,00	70.000,00	17,10			1.757,30
Esgotos domésticos e comerciais		45.410,00	2.471,15			1.719,62
Efluentes industriais		30.470,00	617,78			831,32
Total geral de emissões em Minas Gerais	74.544,61	1.640.151,83	42.859,15	96,48	5,33	122.949,40
Emissão per capita (t CO₂eq /hab)						6,38

Fonte: autores

• Emissões de Dióxido de Carbono

As emissões de CO₂ resultaram de diversas atividades, incluindo o uso energético de combustíveis fósseis, a conversão de florestas para uso agropecuário e os processos industriais de alguns produtos químicos, metálicos e não metálicos.

Como mostrado na Tabela 3. 3, o subsetor Outros Usos do Solo foi o maior emissor com 32,6% do total. A conversão de florestas para outros usos, em particular para a pecuária, foi responsável pela maior parcela de emissão. Os subsetores industrial e transportes foram responsáveis por 27,6% e 21,7%, respectivamente, em função da utilização de combustíveis fósseis. O setor processos industriais respondeu por 8,5% das emissões totais. Os demais subsetores (residencial, comercial, público e agropecuário) emitiram 8,0% do total de CO₂ devido à utilização de combustíveis fósseis.

• Emissões de Metano

As emissões de CH₄ resultaram de diversas atividades incluindo atividades agropecuárias, disposição de lixo, tratamento de esgoto e queima de combustíveis fósseis.

Em Minas Gerais, o subsetor pecuária foi o maior responsável pelas emissões de CH₄ (75,6%), produzidas pela fermentação entérica do rebanho de ruminantes, principalmente, bovino (Tabela 3. 4).

As emissões do setor Resíduos representaram 17,6% do total, e foram produzidas, principalmente, pela decomposição anaeróbia dos resíduos sólidos urbanos e comerciais e também pelos esgotos domésticos e comerciais e efluentes industriais.

Tabela 3. 3 – Emissões totais de CO₂ – Minas Gerais - 2005

Setores e Subsetores Socioeconômicos	Gg CO ₂	% do Total
Outros usos do solo	24.297	32,6
Industrial	20.564	27,6
Transportes	16.146	21,7
Processos industriais	6.365	8,5
Outros setores socioeconômicos	5.947	8,0
Agricultura	944	1,3
Resíduos	282	0,4
Total	74.545	100,0

Fonte: autores

Tabela 3. 4 – Emissões totais de CH₄ – Minas Gerais - 2005

Setores Socioeconômicos	t CH ₄	%
Fermentação entérica	1.240.381	75,6
Resíduos	287.980	17,6
Industrial	37.600	2,3
Outros setores	33.200	2,0
Manejo de dejetos	28.667	1,7
Agricultura	6.433	0,4
Transportes	2.900	0,2
IPPU	2.154	0,1
Emissões fugitivas petróleo e gás natural	875	0,1
Total	1.640.189	100,0

Fonte: autores

- **Emissões de óxido nitroso**

As emissões de N₂O resultaram de diversas atividades, incluindo práticas agrícolas, processos industriais e queima de combustíveis fósseis.

As emissões de N₂O, dadas na Tabela 3. 5, ocorreram predominantemente no subsetor agropecuário, tanto pela deposição de dejetos de animais em pastagem (71%), quanto pela aplicação de fertilizantes em solos agrícolas (13%). As emissões no setor Resíduos, produzidas durante o processo de tratamento de esgoto doméstico, contribuíram com 7% do total.

Tabela 3. 5 – Emissões totais de N₂O – Minas Gerais - 2005

Setores e Subsetores Socioeconômicos	t N ₂ O	%
Manejo de Dejetos	30.545	71,3
Agricultura	5.568	13,0
Resíduos	3.111	7,3
Industrial	1.290	3,0
Transportes	1.220	2,8
Outros setores	1.120	2,6
Total	42.854	100,0

Fonte: Autores.

3.3. Emissões por Valor Adicionado

A economia gera riqueza e ao mesmo tempo contribui para a emissão de GEE. O cálculo das emissões por valor adicionado dos setores socioeconômicos permite que se verifique a quantidade de emissões geradas por quantidade de riqueza produzida. A Tabela 3. 6 apresenta esses valores.

Tabela 3. 6 – Emissões por valor adicionado – Minas Gerais - 2005

Setor (2005)	PIB MG (R\$1.000)	t CO ₂ eq	t CO ₂ eq / PIB
Agropecuário	17.912.823	63.640.040	3,55
Indústria	45.648.807	27.731.220	0,61
Serviços	111.906.991	28.208.550	0,25
Todos os setores da economia mineira inclusive energia e construção civil	192.611.000	123.368.300	0,64

Fonte: IBGE Produto Interno Bruto do Brasil a preços correntes, segundo as Grandes Regiões e Unidades da Federação em 2005 – ano base 2002.

Observa-se que, em 2005, o Produto Interno Bruto (PIB) da agropecuária apresentou uma maior intensidade de GEE. Indústria e serviços são as atividades econômicas que geraram menos emissões. A conversão de áreas florestais contribuiu significativamente para a intensidade de emissões de GEE por PIB agropecuário, tanto em Minas Gerais como no Brasil. O total geral de riquezas produzidas em Minas Gerais no ano de 2005 resultou em 0,64 t CO₂eq por cada R\$1.000,00 produzidos.

3.4. Comparação dos resultados com outros inventários

Para se ter um parâmetro da magnitude das emissões do Estado de Minas Gerais, os valores da Tabela 3. 7 permitem a comparação das emissões entre algumas localidades em termos de emissões per capita. Os cálculos consideram a população mineira de 2005, 19,3 milhões de habitantes.

Pode-se dizer que as emissões per capita do Estado de Minas Gerais foram moderadas no ano de 2005. Os valores situam-se acima daqueles encontrados para o Estado do Rio de Janeiro, o que pode ser justificado pela presença, em Minas, da maior quantidade de indústrias intensivas em energia, bem como pela maior atividade agropecuária. Quando comparadas com as emissões per capita do Brasil, em que pese os inventários terem sido realizados em épocas diferentes, as emissões do Estado de Minas Gerais são inferiores às nacionais devido, entre outros fatores, às perdas de cobertura vegetal na Amazônia. Em relação às emissões per capita de regiões desenvolvidas, como Estados Unidos e União Européia, a tabela mostra que as emissões per capita de Minas Gerais são muito menores.

Tabela 3. 7 – Emissões per capita – Estado de Minas Gerais e outras regiões (t CO₂eq/hab.)

Regiões	Emissões per capita (t CO ₂ eq/habitante)	Ano	Gases considerados
Estado de Minas Gerais	6,4	2005	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs e SF ₆
Estado do Rio de Janeiro	4,5	2005	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O
Brasil*	9,4	1994	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
Estados Unidos**	23,4	2003	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs e SF ₆
União Européia***	11,0	2003	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFCs, PFCs e SF ₆

* Fonte: Comunicação Nacional (MCT, 2004)

** Fonte: Globalis

*** Fonte: Agência Ambiental Européia

3.5. Incerteza das estimativas

Todo inventário traz um grau de incerteza, tendo em vista tratar-se de estimativas e não de medições. Portanto, os valores das emissões do Estado de Minas Gerais estão sujeitas a incertezas, seja pela imprecisão dos dados básicos, seja pelo uso de fatores *default* no que se refere aos demais valores utilizados.

A própria análise da imprecisão das estimativas é pouco objetiva, uma vez que para torná-la precisa, para cada item analisado, seria necessário fazer uma avaliação pormenorizada, reduzindo as incertezas. Isto é inviável no curto prazo e irrelevante na extensão dos itens analisados, porque o inventário é um instrumento de planejamento e identifica atividades econômicas que merecerão, posteriormente, estudo mais detalhado sobre as possibilidades de mitigação das emissões.

As incertezas associadas a cada valor encontrado são, se analisadas em conjunto com a magnitude dos valores encontrados, uma indicação de onde pode haver uma oportunidade de se investir em base de dados e aumento do conhecimento dos processos que originaram as emissões de GEE e remoções de dióxido de carbono.

A estimativa apresentada na Tabela 3. 8 atribui os graus alto, médio e baixo às incertezas sobre cada item analisado, no que se refere à base de dados e aos demais fatores utilizados, e sua adequação à estimativa realizada para cada gás, de acordo com possibilidades correntes de aprimoramento do conhecimento.

Tabela 3. 8 – Estimativa das incertezas – Minas Gerais - 2005

Setor	Gg CO ₂	t CH ₄	t N ₂ O	t CF ₄	t C ₂ F ₆
ENERGIA					
Residencial (Energia)	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Comercial (Energia)	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Público (Energia)	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Agropecuário (Energia)	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Transportes - Total					
Rodoviário	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Ferrovário	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Aéreo	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Hidroviário	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Industrial - Total (Energia)					
Cimento	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Cal	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Ferro gusa e aço integrado	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Ferro gusa não integrado	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Ferroligas	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Outros da siderurgia	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Mineração e pelotização	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Não-ferrosos e outros da metalurg.	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Química	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Alimentos e bebidas	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Têxtil	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Papel e celulose	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Cerâmica	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
Outros	Baixo	Médio	Médio	n.a.	n.a.
IPPU					
Minerais não Metálicos					
Produção de Cimento	Baixo	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Produção de Cal	Alto	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Cerâmica	Alto	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Indústria Química					
Produção de Carbetos de Cálcio	Baixo	Baixo	n.a.	n.a.	n.a.
Produção de Carbetos de Silício	Baixo	Baixo	n.a.	n.a.	n.a.
Minerais Metálicos					
Emissões de Siderurgia (Coque +Sinter)	Baixo	Baixo	n.a.	n.a.	n.a.
Produção de Ferroligas	Baixo	Baixo	n.a.	n.a.	n.a.
Produção de Alumínio	Baixo	n.a.	Baixo	Baixo	Baixo
	Gg CO₂	t CH₄	t N₂O	t CF₄	t C₂F₆
AFOLU					
Uso do Solo	Médio	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Fermentação Entérica (Pecuária)	n.a.	Baixo	n.a.	n.a.	n.a.
Manejo de Dejetos (Pecuária)	n.a.	Baixo	Baixo	n.a.	n.a.
Cultivo Arroz (Agricultura)	n.a.	Médio	n.a.	n.a.	n.a.
Queima da Cana-de-Açúcar (Agricultura)	n.a.	Baixo	Baixo	n.a.	n.a.
Uso de Fertilizante Nitrogenado (Agricultura)	n.a.	n.a.	Alto	n.a.	n.a.
Uso de Calcário e Dolomita (Agricultura)	Alto	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

Tabela 3. 8 (continuação) – Estimativa das incertezas

	Gg CO₂	t CH₄	t N₂O	t CF₄	t C₂F₆
RESÍDUOS					
Resíduos Sólidos Urbanos	n.a.	Baixo	Baixo	n.a.	n.a.
Resíduos Sólidos Industriais	n.a.	Grande	n.a.	n.a.	n.a.
Esgotos Domésticos e Comerciais	n.a.	Médio	Baixo	n.a.	n.a.
Efluentes Industriais	n.a.	Médio	Baixo	n.a.	n.a.

Fonte: autores, a partir do Guia IPCC 2006 - n.a = não se aplica

4. SETOR ENERGIA

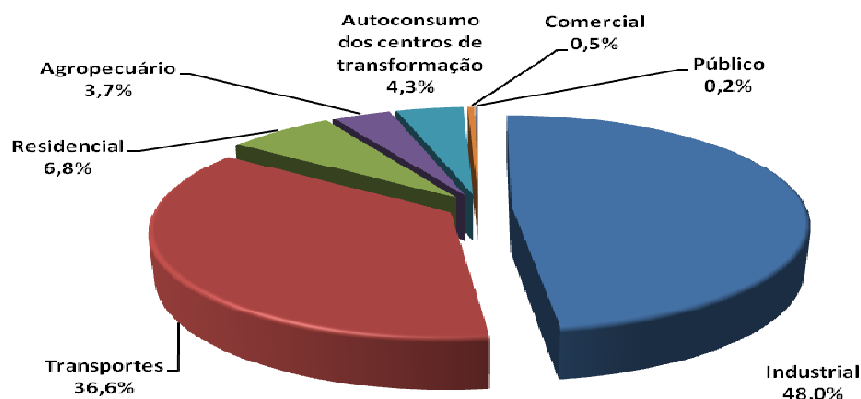
Este item apresenta as estimativas de emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) da queima de combustíveis fósseis no Setor Energia do Estado de Minas Gerais, no ano de 2005, calculadas conforme metodologia do GUIA IPCC-2006, e com adaptações necessárias para o plano estadual.

As emissões totais do Setor de Energia somaram 45.348,8 Gg CO₂eq. As emissões referentes à biomassa não renovável contribuíram com apenas 2.148,4 Gg CO₂eq ou 4,7% do total. As emissões setoriais acompanharam o consumo energético de combustíveis fósseis em tEP. Como pode ser constatado pela *Tabela 4. 1* e *Figura 4. 1*, o setor que mais emitiu foi o industrial, com 21.735,0 Gg CO₂eq, seguido do setor transportes, com 16.586,3 Gg CO₂eq, responsáveis, respectivamente, por 48,0% e 36,6% das emissões, em 2005, totalizando juntos 84,6%. As emissões fugitivas representaram uma contribuição de apenas 0,04%.

Tabela 4. 1 – Consolidação das emissões do uso de energia nos setores socioeconômicos – Minas Gerais - 2005

Fontes de Emissão	Gg CO ₂ eq	%
Industrial	21.753,0	48,0
Transportes	16.586,3	36,6
Residencial	3.075,4	6,8
Agropecuário	1.677,7	3,7
Autoconsumo dos centros de transformação	1.942,8	4,3
Comercial	205,2	0,5
Público	90,2	0,2
Total	45.330,6	99,96
Emissões fugitivas - petróleo e gás natural	18,4	0,04
Total de emissões (uso da energia + emissões fugitivas)	45.349,0	100,00

Fonte: autores



Fonte: autores

Figura 4. 1 – Emissões do setor de energia em percentual de contribuição de cada tipologia – Minas Gerais - 2005

4.1. Uso de Energia

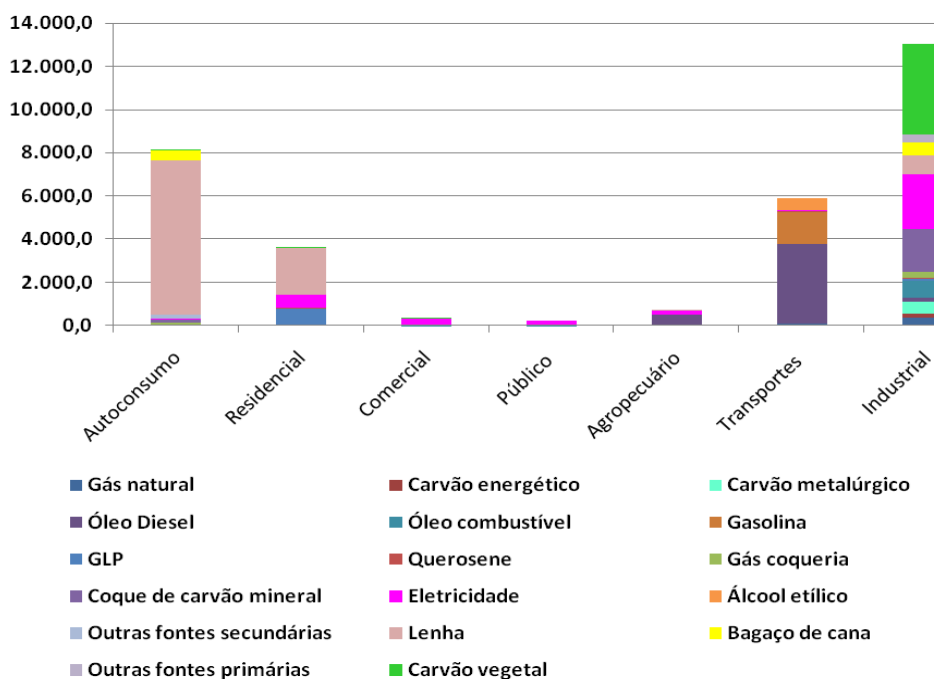
As emissões de gases de efeito estufa do Setor Energia compreendem todas as emissões provenientes da queima de combustíveis e da liberação não intencional (fugitivas) decorrente do seu uso. O Inventário contabiliza as emissões devidas à queima de combustíveis fósseis e da biomassa na produção, transformação e consumo de energia, bem como as emissões fugitivas decorrentes do refino, transporte e distribuição do petróleo e gás natural. Os gases de efeito estufa considerados foram o CO₂, CH₄ e N₂O. Os resultados obtidos refletem as emissões de gases de efeito estufa de responsabilidade do Estado de Minas Gerais e não todas aquelas que ocorrem em seu território.

Os dados utilizados para o cálculo das emissões foram provenientes do Balanço Energético do Estado de Minas Gerais (BEE-MG, 2006), ano base 2005, complementados, quando pertinente, pelos dados obtidos na ANP – Agência Nacional de Petróleo. Além disso, para definir valores para as emissões fugitivas, foram obtidos dados da PETROBRAS e da GASMIG. A Tabela 4. 2 e a Figura 4. 2 apresentam os valores do consumo de combustíveis e de eletricidade por setores socioeconômicos e a energia consumida por setores e por fontes, respectivamente, em 2005. Como pode ser observado, das 32.691,1 mil tEP consumidas, 16.235,0 mil tEP foram provenientes de combustíveis fósseis e 16.456,1 mil tEP de biomassa.

Tabela 4. 2 – Consumo de combustíveis e eletricidade nos setores socioeconômicos (1000 tEP) – Minas Gerais - 2005

Setor	Gás Natural	Carvão Energético	Carvão Metalúrgico	Óleo Diesel	Óleo Combustível	Gasolina	GLP	Querosene	Gás de coqueria	Coque de carvão mineral	Eletricidade	Álcool Etílico	Outras Fontes Secund.	Lenha	Bagaço de cana	Outras fontes primárias	Carvão vegetal	Total
Consumo	49,0								98,0	148,0	12,0		217,0	7.116,1*	502,0		1,0	8.143,1
Residencial							832,0	1,0			606,0			2.144,0		43,0	18,0	3.644,0
Comercial					9,0		20,0				342,0			10,0			4,0	385,0
Industrial					2,0						239,0							241,0
Agropecuário				516,0			5,0				180,0			38,0				739,0
Transportes - Total	87,0			3.670,0		1.492,0		89,1			3,0	543						5.884,1
Aviário	87,0			3.566,0		1.490,0					0,0	543						5.686,0
Marítimo				104,0							3,0							107,0
Automóvel						2,0		89,1			0,0							91,1
Aviário											0,0							0,0
Industrial - Total	379,0	161,0	556,0	204,0	768,0		136,0	5,0	287,9	1.960,0	2.525,0			908,0	577,0	379,0	4.173,0	13.654,9
Alumínio	8,0	11,0			12,0						100,0		636,0			64,0	185,0	744,7
Químico	58,0				117,0				17,5	10,0	8,0		364,7	71,0		23,0	10,0	362,8
Alumínio e integrado	80,0	118,0	556,0	6,0	74,0		94,0	5,0	270,4	1.894,7	491,0		48,2				785,0	4.489,1
Químico e integrado										26,8	39,0		115,0				2.707,0	2.817,0
Alumínio				7,0	14,0		9,0			23,4	417,0		44,2	172,0			422,0	1.066,4
Óxidos da siderurgia	7,0			1,0	8,0		5,0			3,3	16,0		2,0				5,0	45,3
Óxidos de ferro e titânio	27,0	32,0		175,0	27,0		3,0				279,0			7,0				550,0
Óxidos de ferro e alumínio	17,0			3,0	80,0		4,0				298,0							428,5
Óxidos de alumínio				5,0	75,0		3,0			1,7	274,0		26,5	64,0			17,0	475,1
Alimentos e bebidas	22,0			3,0	128,0		4,0				158,0		35,4	188,0	577,0	7,0	1,0	1.088,0
Alimentos	27,0			1,0	90,0		1,0				95,0			40,0				254,0
Papel e celulose	33,0			1,0	69,0						82,0			46,0		262,0		493,0
Química	47,0			1,0	48,0		8,0				27,0			305,0		21,0	41,0	498,0
Óxidos	53,0			1,0	26,0		5,0				241,0			15,0		2,0		343,0
Total	515,0	161,0	556,0	4.390,0	779,0	1.492,0	993,0	95,1	385,9	2.108,0	3.907,0	543	853,0	10.216,1	1.079,0	422,0	4.196,0	32.691,1

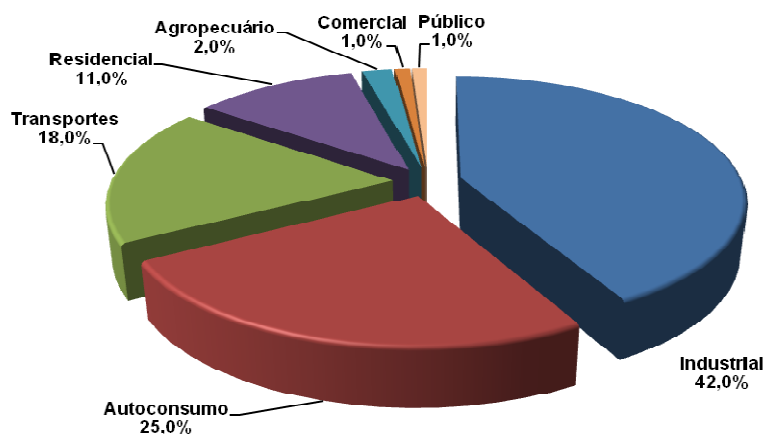
Fonte: BEE-MG, 2006



Fonte: autores, a partir do BEE-MG, 2006

Figura 4. 2 – Energia consumida por setor e por fonte (1.000 tEP) – Minas Gerais - 2005

Quanto ao consumo setorial de energia, como pode se ver pela Figura 4. 3, o subsector industrial foi o que mais consumiu energia de origem fóssil, seguido do subsector transportes. O autoconsumo do setor energético foi o maior consumidor de energia de biomassa, na forma lenha e bagaço de cana, utilizados na produção do carvão vegetal e na co-geração para a produção de vapor nas destilarias de álcool, respectivamente.



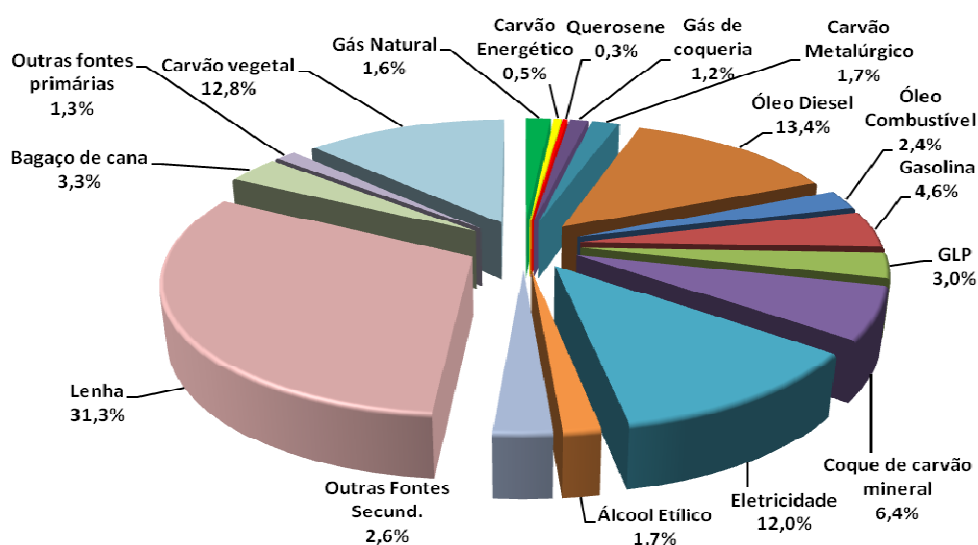
Fonte: autores a partir do BEE-MG, 2006

Figura 4. 3 – Consumo setorial de energia – Minas Gerais - 2005

Pela Figura 4. 4, conclui-se que a lenha foi o principal combustível consumido no Estado, com uma participação de 31,3%, seguidos do óleo diesel, com 13,4% e do carvão vegetal,

com 12,8%. O carvão vegetal foi utilizado quase que integralmente no setor industrial, principalmente nas indústrias de ferro gusa e aço integrado e ferro gusa não integrado. O setor residencial foi grande consumidor de lenha, com cerca de 21,0% do total de lenha consumida, correspondendo a 58,8% da energia consumida no setor.

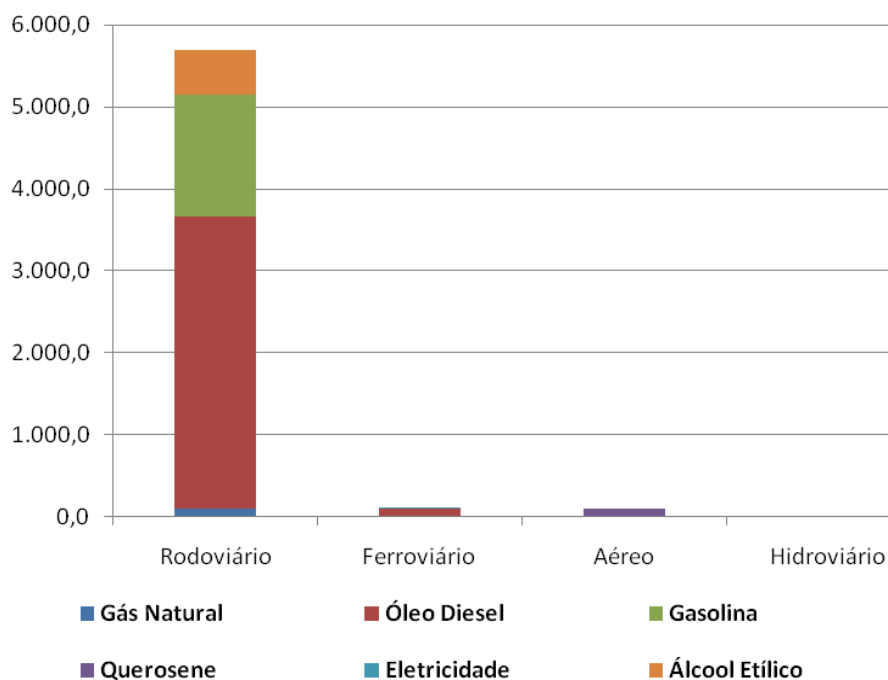
Nos setores comercial e público, a quantidade de energia consumida foi principalmente proveniente da eletricidade. O GLP foi o combustível mais consumido no setor residencial. No setor agropecuário, verifica-se uma participação significativa do óleo diesel, mas os dados não são suficientemente desagregados para distinguir se esse consumo se deu nos equipamentos e máquinas agrícolas ou se em tratores e caminhões *off-road*.



Fonte: autores a partir do BEE-MG, 2006

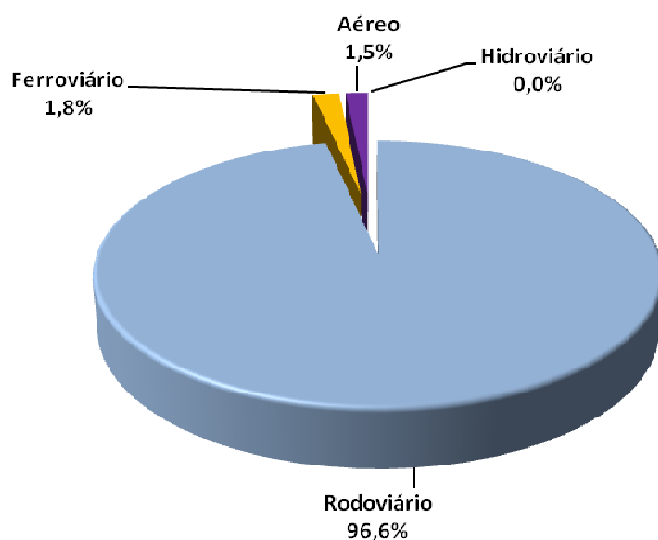
Figura 4. 4 – Consumo de energia por fontes – Minas Gerais - 2005

No setor transportes, como mostrado na Figura 4. 5 e na Figura 4. 6, em tEP e percentual, respectivamente, o modal rodoviário foi responsável por 96,6% do consumo de energia e o principal combustível foi o óleo diesel, o que mostra a importância do transporte de passageiros e de carga para o escoamento das safras agrícolas do Estado. A gasolina teve uma participação significativa no transporte rodoviário, sendo utilizada principalmente em veículos leves (carros de passeio).



Fonte: autores, a partir do BEE-MG, 2006

Figura 4. 5 – Energia consumida por modais de transporte (1000 tEP) – Minas Gerais - 2005

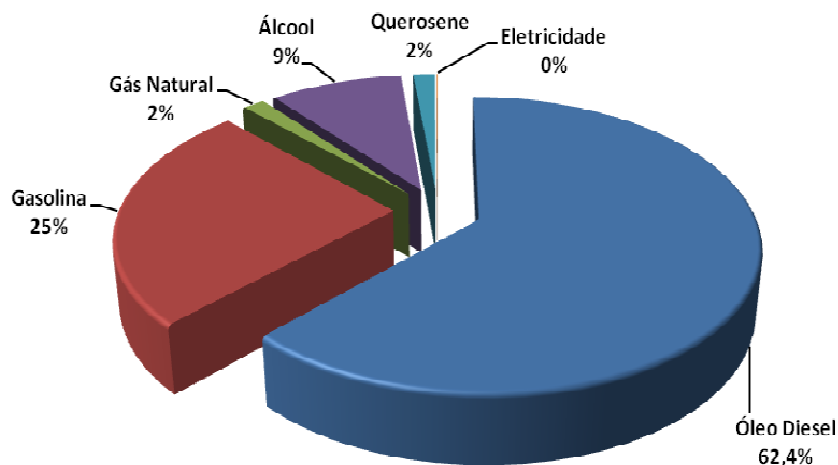


Fonte: autores, a partir do BEE-MG, 2006

Figura 4. 6 – Participação dos modais no consumo do setor transportes – Minas Gerais - 2005

O consumo energético do transporte ferroviário foi relativamente pequeno considerando-se que Minas Gerais possui a segunda maior extensão de ferrovias do País, indicando que o abastecimento pode ocorrer fora das fronteiras do Estado. O transporte hidroviário, de acordo com o BEE-MG, 2006, não apresentou consumo em 2005. O querosene teve uma

participação muito pequena, e foi praticamente todo (93,7%) consumido no setor aéreo. Desse total, 99,1% foi consumido em vôos nacionais e o restante (0,9%) consumidos na aviação internacional e considerado *bunker* (0,86 mil tEP), não estando computados nas emissões do Estado, conforme orientação do GUIA IPCC - 2006. A participação das fontes de energia no setor transportes é dada na Figura 4. 7.

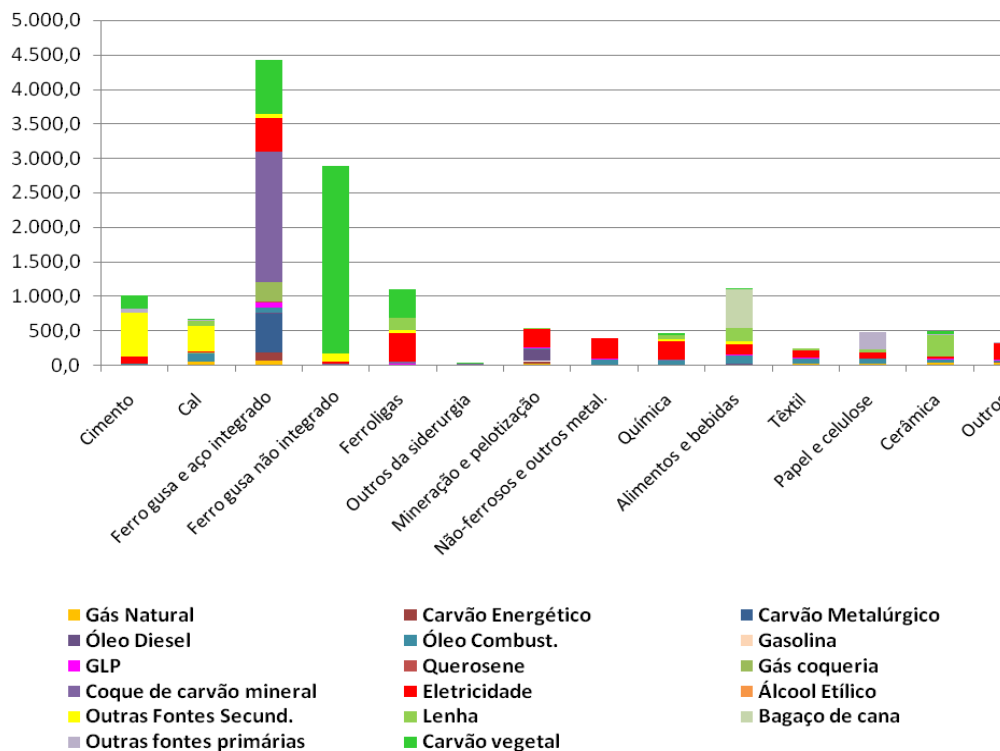


Fonte: autores, a partir do BEE-MG, 2006

Figura 4. 7 – Participação das fontes no consumo do setor transportes – Minas Gerais - 2005

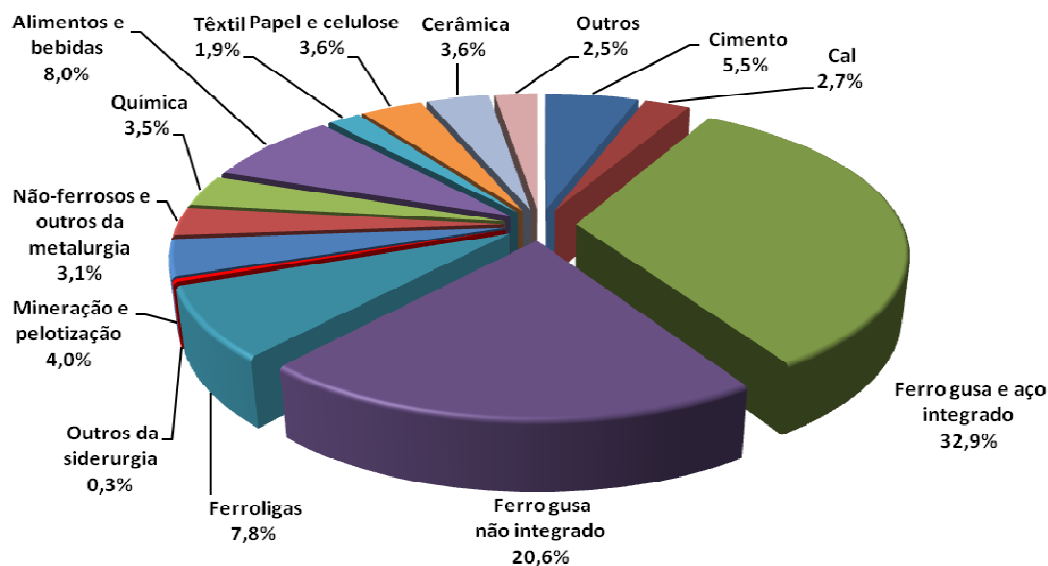
Os consumos de combustíveis na indústria, em 2005, podem ser observados na Figura 4. 8, por combustíveis e por subsetores do setor industrial. Na Figura 4. 9, tem-se a participação dos subsetores no total e, na Figura 4. 10, a participação por combustíveis. O setor mais intensivo em energia foi o de ferro gusa e aço integrado, com 32,9% de participação, seguido de ferro gusa e aço não integrado, com participação de 20,6%. Esses setores foram responsáveis pelo consumo da maior parte do coque de carvão mineral, do gás de coqueria, do carvão metalúrgico e do carvão vegetal.

Os principais energéticos consumidos foram o carvão vegetal, com 32,1%, eletricidade, 19,4%, e o coque de carvão mineral, 15,1%. O uso de energia elétrica foi significativo na maioria das indústrias, sendo os maiores consumos nas indústrias de ferroligas e ferro gusa e aço integrado. O óleo diesel foi quase todo consumido na indústria de mineração e pelletização; outras secundárias de petróleo na indústria do cimento; e o carvão vegetal na produção de ferro gusa integrada e não integrada.



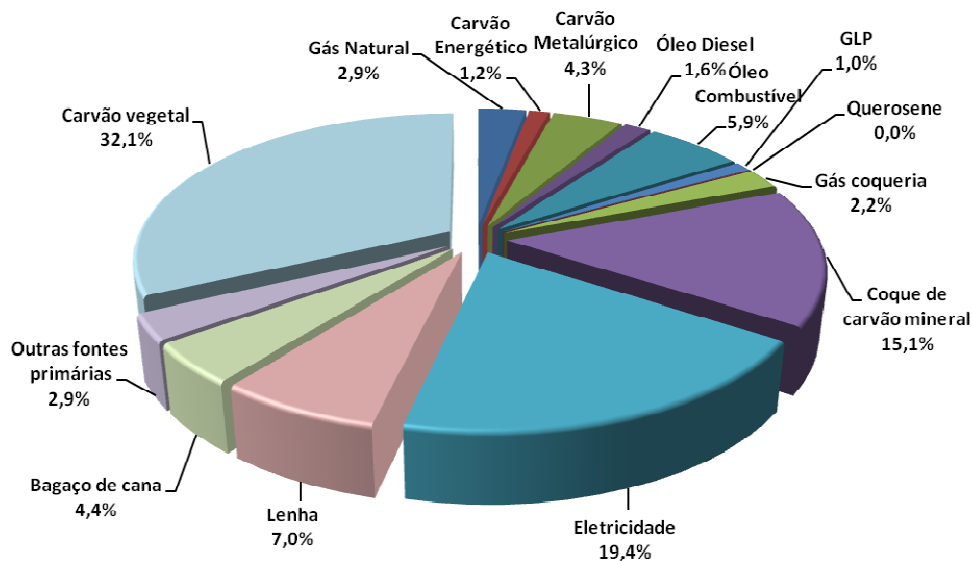
Fonte: autores, a partir do BEE-MG (2006)

Figura 4. 8 – Energia consumida pelas tipologias industriais, por fonte (1000 tEP) – Minas Gerais - 2005



Fonte: autores, a partir do BEE-MG (2006)

Figura 4. 9 – Participação das tipologias industriais no consumo do setor industrial – Minas Gerais - 2005



Fonte: autores, a partir do BEE-MG, 2006

Figura 4. 10 – Participação das fontes no consumo do setor industrial – Minas Gerais - 2005

4.2. Emissões do Setor Energia

A Tabela 4. 3 e a Figura 4. 11 apresentam a totalização das emissões de gases de efeito estufa do Setor Energia. A Figura 4. 12 apresenta a participação dos subsetores nas emissões totais, sem as emissões fugitivas e de *bunker*. Nas emissões do Setor de Energia, o subsetor industrial foi o mais importante com 48,0% do total, seguido pelo transportes com 36,6%, residencial com 6,8%, o agropecuário com 3,7%, o autoconsumo, com 4,3%, o comercial com 0,4%, e por fim o público com 0,2%.

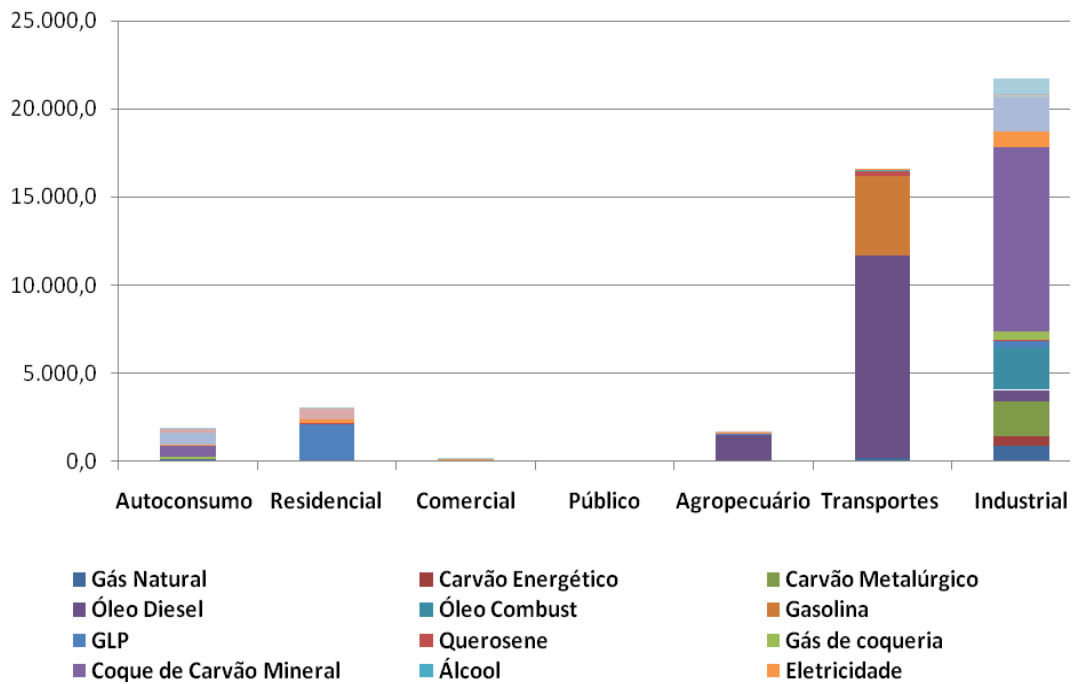
Na Figura 4. 13, tem-se a participação das fontes nas emissões totais. O uso de óleo diesel gerou os maiores níveis de emissão, com 30,3% de participação, devido ao seu uso no transportes e no setor agropecuário, seguido pelo coque de carvão mineral, com 24,5%, e da gasolina, com 9,9%.

Os subsetores residencial e agropecuário tiveram como principais energéticos utilizados a lenha e o GLP, no residencial, e o óleo diesel no agropecuário. Nos subsetores comercial e público, as emissões foram decorrentes do consumo da eletricidade e GLP, e pouco representativas (menos de 1% em ambos). O autoconsumo do setor energético apresentou uma participação de 4,3% e teve como principais energéticos utilizados a lenha e o bagaço de cana, mas as principais contribuições nas emissões desse setor foram do coque de carvão mineral e outras fontes secundárias.

Tabela 4.3 – Emissões em CO₂ nos setores socioeconômicos – Totalização das emissões do Estado considerando combustíveis fósseis e biomassa (Gg CO₂eq) – Minas Gerais - 2005

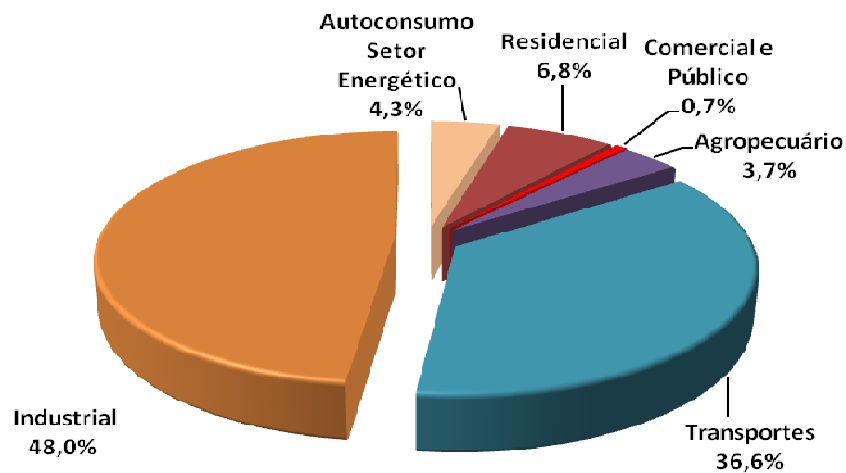
Setor	Gás Natural	Carvão Energético	Carvão Metalúrgico	Óleo Diesel	Óleo Combust	Gasolina	GLP	Querosene	Gás de coqueria	Coque de Carvão Mineral	Álcool	Eletricidade	Outras Fontes Secund.	Lenha	Bagaço de cana	Outras fontes primárias	Carvão vegetal	Total
Consumo dos setores de formação	114,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	181,4	659,9	0,0	4,2	661,9	281,4	39,3	0,0	0,2	1.949,3
Residencial	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.176,8	3,0	0,0	0,0	0,0	212,3	0,0	676,9	0,0	2,3	4,1	3.072,1
Comercial	0,0	0,0	0,0	0,0	29,0	0,0	52,3	0,0	0,0	0,0	0,0	119,8	0,0	3,2	0,0	0,0	0,9	205,2
Indústria	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	90,1
Agricultor pecuário	0,0	0,0	0,0	1.589,6	0,0	0,0	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	63,1	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	1.677,8
Transportes - Total	213,8	0,0	0,0	11.498,8	0,0	4.473,4	0,0	266,7	0,0	0,0	132,6	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16.376,3
Aviário	213,8	0,0	0,0	11.140,9	0,0	4.467,6	0,0	0,0	0,0	0,0	132,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15.744,9
Marítimo	0,0	0,0	0,0	357,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	359,0
Avião	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	266,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	272,5
Marítimo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industrial - Total	886,6	564,5	1.949,3	628,4	2.470,9	0,0	355,8	14,9	532,8	10.437,8	0,0	884,6	1.939,9	71,1	45,2	20,7	950,5	21.113,8
Alumínio	18,7	38,6	0,0	0,0	38,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,0	1.112,4	0,0	0,0	3,5	42,1	1.247,3
Outros	135,7	0,0	0,0	0,0	376,4	0,0	0,0	0,0	32,5	53,5	0,0	2,8	146,9	5,6	0,0	1,3	2,3	756,5
Indústria e construção integrada	187,1	413,7	1.949,3	18,5	238,1	0,0	245,9	14,9	500,3	10.090,1	0,0	172,0	350,8	0,0	0,0	0,0	178,8	14.482,2
Indústria integrada	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	142,7	0,0	13,7	134,9	0,0	0,0	0,0	616,6	907,8
Indústrias ligadas	0,0	0,0	0,0	21,6	45,0	0,0	23,5	0,0	0,0	124,8	0,0	146,1	6,0	13,5	0,0	0,0	96,1	476,0
Indústrias da siderurgia	16,4	0,0	0,0	3,1	25,7	0,0	13,1	0,0	0,0	17,8	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	82,7
Indústria e construção não integradas	63,2	112,2	0,0	539,1	86,9	0,0	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	97,7	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	907,6
Indústrias ferrosas e não ferrosas da metalurgia	39,8	0,0	0,0	9,2	257,4	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	104,4	81,0	0,0	0,0	0,0	0,0	502,0
Indústria química	0,0	0,0	0,0	15,4	241,3	0,0	7,8	0,0	0,0	8,9	0,0	96,0	107,9	5,0	0,0	0,0	3,9	486,5
Indústria de alimentos e bebidas	51,5	0,0	0,0	9,2	411,8	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	55,4	0,0	14,7	45,2	0,4	0,2	598,3
Indústria de papel e celulose	63,2	0,0	0,0	3,1	289,6	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0	3,1	0,0	0,0	0,0	394,8
Indústria têxtil e de couro	77,2	0,0	0,0	3,1	222,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,7	0,0	3,6	0,0	14,3	0,0	348,9
Indústria de plástico	109,9	0,0	0,0	3,1	154,4	0,0	20,9	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	23,9	0,0	1,1	9,3	332,1
Indústria de vidro	124,0	0,0	0,0	3,1	83,7	0,0	13,1	0,0	0,0	0,0	0,0	84,4	0,0	1,2	0,0	0,1	0,0	309,5
Total (sem emissões de combustíveis fósseis e bunker)	1.214,9	564,5	1.949,3	13.716,9	2.506,3	4.473,4	2.598,1	284,5	714,1	11.097,7	132,6	1.368,7	2.601,8	1.044,5	84,5	23,0	955,7	45.313,8

Fonte: Autores.



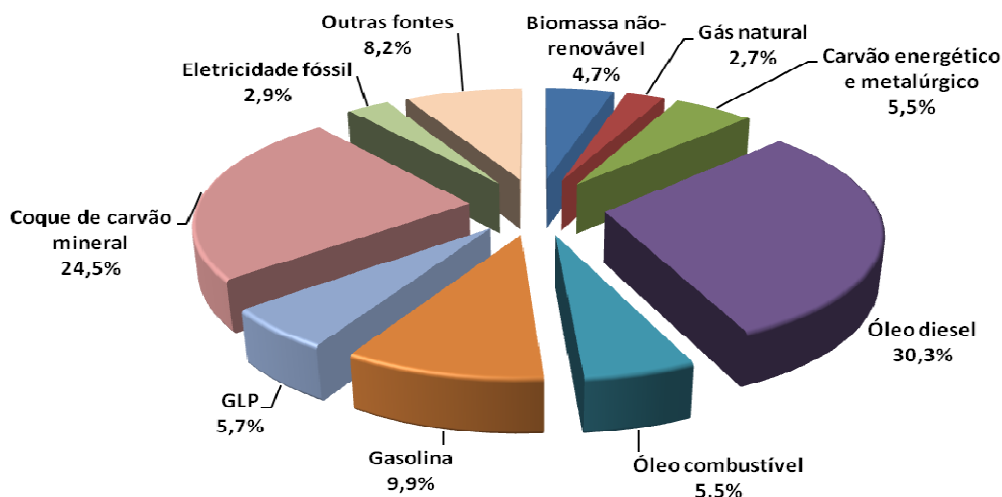
Fonte: autores

Figura 4. 11 – Emissões totais de energia, por setor e por fonte (Gg CO₂eq) – Minas Gerais - 2005



Fonte: autores

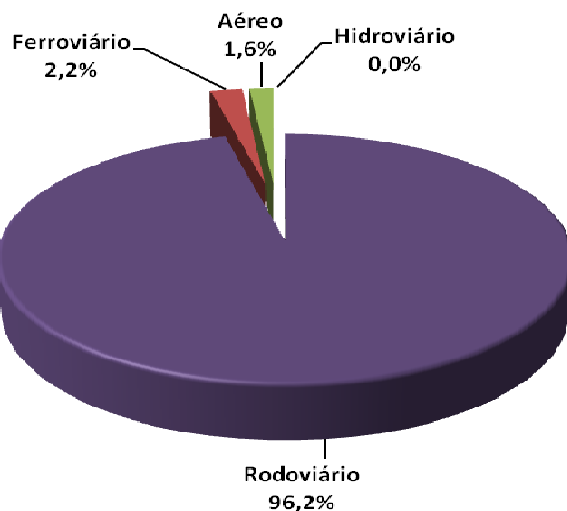
Figura 4. 12 – Participação dos setores nas emissões totais do Setor Energia – Minas Gerais - 2005



Fonte: autores

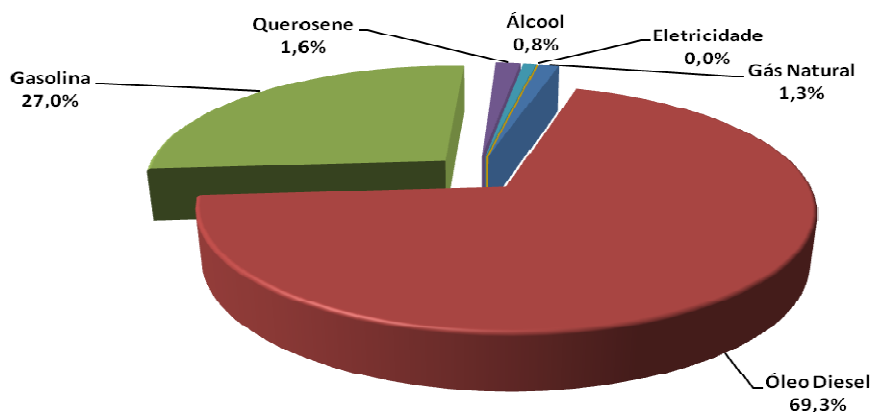
Figura 4. 13 – Participação das fontes nas emissões totais de energia (%) – Minas Gerais - 2005

No subsetor transportes, como mostrado na Figura 4. 14, o modal rodoviário foi responsável pela quase totalidade das emissões do setor, com 15.946,3 Gg CO₂eq, correspondendo a 96,2%. Os principais energéticos foram o óleo diesel, com 11.478,8 Gg CO₂eq e a gasolina, com 4.467,5 Gg CO₂eq, que contribuíram, respectivamente, com 69,3% e 27,0% das emissões do setor, como mostrado na Figura 4. 15.



Fonte: autores

Figura 4. 14 – Participação dos modais nas emissões do subsetor transportes – Minas Gerais - 2005



Fonte: autores

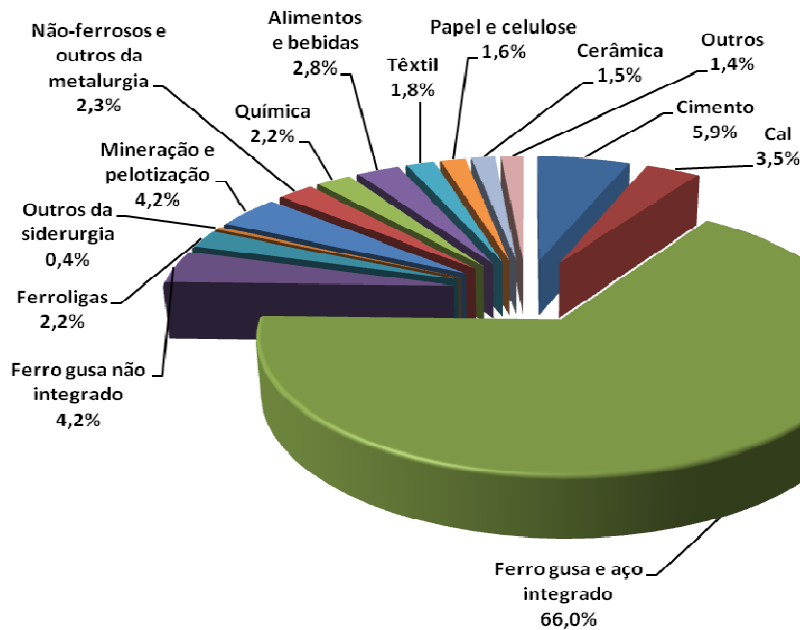
Figura 4. 15 – Participação dos combustíveis no subsetor transportes – Minas Gerais - 2005

O álcool possuía uma pequena participação de 0,8% (132,6 Gg CO₂eq) e se referia às emissões de CO₂, CH₄ e N₂O em CO₂eq no ciclo de produção do combustível⁶, para o álcool importado, e às emissões de CH₄ e N₂O da queima do combustível consumido nos veículos leves (álcool importado + produzido no Estado).

No subsetor industrial, como mostrado na Figura 4. 16, a indústria de ferro gusa e aço integrado foi responsável por 66,0% das emissões com 14.359,5 Gg CO₂. Considerando-se a indústria de ferro gusa e aço integrado, ferroligas e outros da siderurgia, tem-se 72,7% de participação.

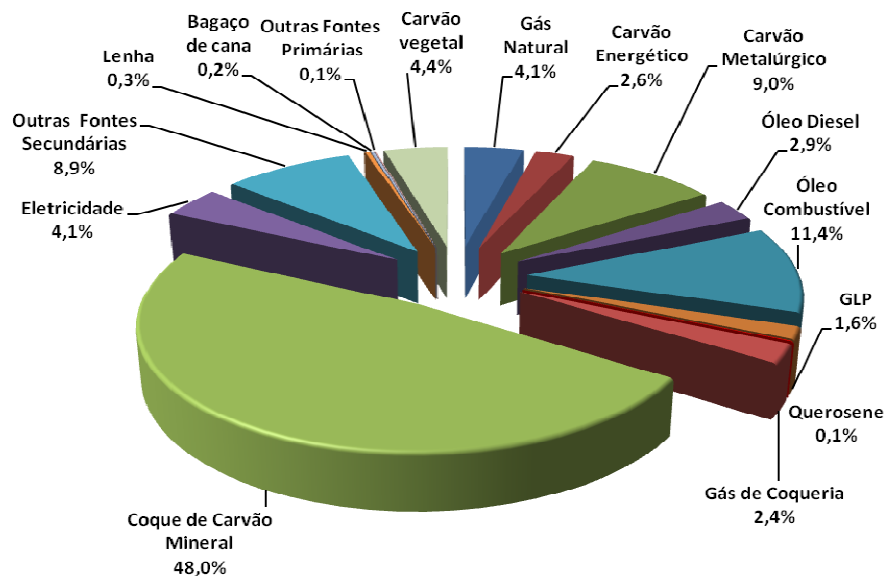
O coque de carvão mineral contribuiu com 48,0% das emissões do setor industrial, seguido pelo óleo combustível (11,4%), carvão metalúrgico (9,0%) e outras fontes secundárias (8,9%) como mostrado na Figura 4. 17. Apesar do consumo de carvão vegetal no setor industrial ter sido significativo, por se tratar de biomassa sua parcela nas emissões foi de apenas 4,4% no setor industrial e de cerca 2% no total do Estado.

⁶ Emissões provenientes do uso de combustíveis fósseis no plantio e na colheita da cana-de-açúcar, queima da palha da cana-de-açúcar, uso de fertilizantes agrícolas e do transporte de etanol.



Fonte: autores

Figura 4. 16 – Participação das diferentes tipologias no total das emissões do subsetor industrial – Minas Gerais - 2005



Fonte: autores

Figura 4. 17 – Participação dos combustíveis nas emissões do subsetor industrial – Minas Gerais - 2005

4.3. Emissões da Biomassa Renovável

De acordo com o GUIA IPCC - 2006, a biomassa queimada como fonte de energia deve ser contabilizada e suas emissões de CO₂ incluídas no inventário apenas como um item informativo no Setor de Energia, já que essas emissões são renováveis e, portanto, considera-se que são reabsorvidas no crescimento da planta. Já as emissões de CH₄ e N₂O, devem ser contabilizadas e incluídas no total de emissões do Estado porque seu efeito é adicional às mudanças de estoque estimadas no setor de Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo.

Dessa forma, foram consideradas neste inventário as emissões:

- da lenha queimada diretamente para a geração de energia e para a produção de carvão vegetal. Nesse caso, para evitar “dupla contagem” contabiliza-se a diferença entre a quantidade, em tEP, da lenha que entrou nas carvoarias e do carvão vegetal produzido. Essa diferença é que se configura como o consumo de lenha para produzir o carvão vegetal;
- do licor negro que é um resíduo de fabricação da celulose e no BEE-MG, 2006 está contabilizado como “outras fontes primárias”;
- do bagaço de cana utilizado na co-geração de energia e vapor nas destilarias de álcool;
- do carvão vegetal queimado como fonte de energia;
- do álcool etílico queimado como combustível nos automóveis.

A Tabela 4. 4 apresenta, separadamente, como recomendado pelo GUIA IPCC – 2006, as emissões oriundas da biomassa. Considerando as adaptações propostas no inventário, para a eletricidade, o álcool etílico e a lenha/carvão vegetal, tem-se:

- para o álcool importado, como foram consideradas as emissões do seu ciclo de produção, e isso inclui a queima de combustíveis fósseis utilizados em tratores e maquinários, essa parcela foi considerada em emissões de combustíveis fósseis; já as emissões de CH₄ e N₂O da queima do álcool como combustível nos veículos são apresentadas na tabela de emissões da biomassa;
- para a eletricidade, o cálculo do fator de emissão médio ponderado considera somente CO₂ de origem fóssil. As emissões de CH₄ e N₂O da parcela fóssil são insignificantes e não alteram o resultado final uma vez que o consumo de

combustíveis fósseis na geração de eletricidade no Estado é pequeno. As emissões de CH₄ e N₂O do uso da biomassa na geração de eletricidade são computadas nas emissões da biomassa, assim como a parcela de CO₂ renovável dessa biomassa.

- para a lenha queimada na produção do carvão vegetal importado, as emissões de CH₄ e N₂O foram também computadas nas emissões da biomassa no autoconsumo do setor energético.

Tabela 4. 4 – Emissões de CO₂ de biomassa renovável nos setores socioeconômicos – Gg CO₂ – Minas Gerais - 2005

Gg CO ₂ renovável	Lenha	Bagaço de cana	Outras fontes primárias	Carvão vegetal	Álcool etílico	Eletricidade	Total fontes renováveis
Autoconsumo dos centros transformação	14.700,0	2.027,8		4,0	0,0	7,1	16.738,9
Residencial	8.562,3	0,0	168,1	72,7	0,0	358,2	9.161,3
Comercial	39,9	0,0	0,0	16,2	0,0	202,1	258,2
Público	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	141,3	141,3
Agropecuário	151,8	0,0	0,0	0,0	0,0	106,4	258,1
Transportes – Total	0,0	0,0	0,0	0,0	1.222,3	1,8	1.224,0
Rodoviário	0,0	0,0	0,0	0,0	1.222,3	0,0	1.222,3
Ferroviário	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	1,8
Aéreo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidroviário	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industrial – Total	3.626,2	2.330,8	1.482,0	16.856,9	0,0	1.492,5	25.788,3
Cimento	0,0	0,0	250,3	747,3	0,0	59,1	1.056,7
Cal	283,5	0,0	89,9	40,4	0,0	4,7	418,6
Ferro gusa e aço integrado	0,0	0,0	0,0	3.171,0	0,0	290,2	3.461,2
Ferro gusa não integrado	0,0	0,0	0,0	10.934,9	0,0	23,1	10.958,0
Ferroligas	686,9	0,0	0,0	1.704,7	0,0	246,5	2.638,0
Outros da siderurgia	0,0	0,0	0,0	20,2	0,0	9,5	29,7
Mineração e pelotização	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	164,9	192,9
Não-ferrosos e outros da metalurgia	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	176,1	176,1
Química	255,6	0,0	0,0	68,7	0,0	162,0	486,2
Alimentos e bebidas	750,8	2.330,8	27,4	4,0	0,0	93,4	3.206,4
Têxtil	159,7	0,0	0,0	0,0	0,0	56,2	215,9
Papel e celulose	183,7	0,0	1.024,5	0,0	0,0	48,5	1.256,7
Cerâmica	1.218,0	0,0	82,1	165,6	0,0	16,0	1.481,7
Outros	59,9	0,0	7,8	0,0	0,0	142,4	210,2
Total	27.080,1	4.358,6	1.650,2	16.949,8	1.222,3	2.309,3	53.570,3

Fonte: autores

4.4. Emissões Fugitivas

As emissões fugitivas são todas as emissões de GEE, intencionais ou não, da extração, processamento, estocagem e transporte de combustíveis até o ponto de uso final para os

seguintes setores: Combustíveis Sólidos (extração de carvão) e Petróleo e Gás Natural. Devido ao perfil de Minas Gerais, que não possui carvão mineral, foram consideradas no cálculo somente as emissões fugitivas decorrentes do processamento de petróleo e gás natural e do seu transporte. As emissões incluem fugas de CH₄ durante o transporte e a distribuição e durante o seu processamento nas refinarias e estão mostradas na Tabela 4. 5.

Tabela 4. 5 – Emissões fugitivas de gás natural por tipo de gás⁷ – Minas Gerais - 2005

Emissões Fugitivas	Gg CH₄	Gg CO₂eq
Gás natural		
Refino	0,873	18,33
Transporte de gás por dutos (GASBEL)	0,0016	0,034
Pontos de entrega do gás natural	0,0002	0,005
Total	0,874	18,37

Fonte: PETROBRAS, 2008.

4.5. Emissões de *Bunker*

É importante observar que o GUIA IPCC – 2006 recomenda que se contabilize o consumo de combustíveis de *bunker*⁸ internacional, em separado, apenas para fins informativos, pois esse valor não faz parte das emissões estaduais. Sendo assim, extraiu-se da contabilidade o consumo de querosene de aviação para vôos internacionais (obtidos com a INFRAERO) uma vez que o Estado não era, em 2005, rota de vôos internacionais. O consumo de querosene considerado como *bunker* pela INFRAERO foi de 0,9 mil tEP, correspondendo a uma emissão de 2,6 Gg CO₂ eq.

4.6. Totalização dos Resultados do Setor Energia

As consolidações dos valores totais do inventário de Minas Gerais estão apresentadas na Tabela 4. 6 e Tabela 4. 7. A parcela referente a *bunker* é contabilizada, mas não faz parte das emissões do Estado e de acordo com o GUIA IPCC - 2006 deve ser apresentada em

⁷ A empresa GASMIG informou que não houve emissões fugitivas de sua rede de Dutos em 2005. No entanto, aplicando a metodologia do IPCC, no qual estabelece um fator de emissão por m³ de gás transportado e considerando que a GASMIG transportou cerca de 712,7 milhões de m³, as emissões fugitivas seriam de 16,5 Gg CO₂ eq.

⁸ Transportes aéreos e marítimos internacionais. No caso de Minas somente transportes aéreos internacionais

separado. O mesmo ocorre para as emissões de CO₂ provenientes da queima a biomassa renovável.

Tabela 4. 6 – Emissões totais do setor Energia por combustível – Minas Gerais - 2005

Fonte	Gg CO ₂	Gg CH ₄	Gg N ₂ O	Gg CO ₂ eq
Uso da Energia				
Emissões da queima de combustíveis fósseis	42.656,7	3,0	1,5	43.182,1
Emissões da queima de biomassa (parcela não renovável)		70,7	2,1	2.148,4
Total Uso da Energia	42.656,7	73,7	3,6	45.330,4
Emissões fugitivas Petróleo e Gás Natural		0,87		18,37
Total de Emissões do Estado (uso da energia + emissões fugitivas)	42.656,69	74,54	3,63	45.348,82
Emissões que não são contabilizadas no total geral do Estado				
Emissões CO₂ Biomassa parcela renovável*	53.570,3			53.570,3
Bunker	2,55	0,0007	0,0001	2,6

* Inclui a emissão de 3.297 GgCO₂ referente à queima da lenha nas carvoarias para a produção do carvão vegetal que foi importado pelo Estado em 2005, de 1.564 tEP (BEE-MG, 2006).

Fonte: autores.

Tabela 4. 7 – Emissões totais do Setor de Energia por fonte – Minas Gerais - 2005

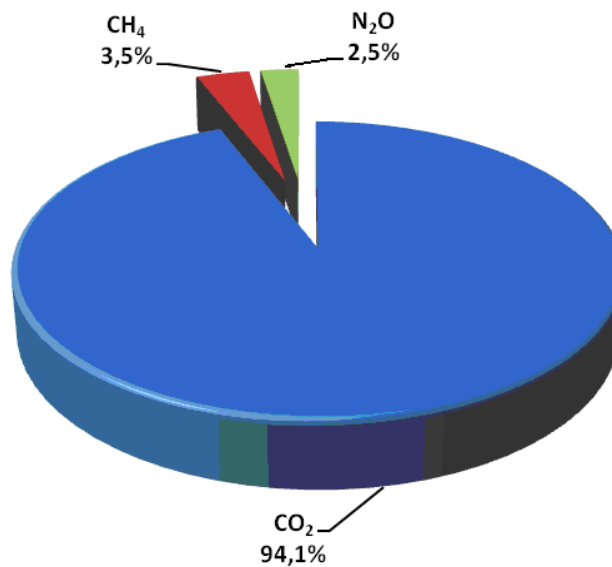
Fonte	Gg CO ₂ eq
Uso da Energia	
Industrial	20.644,81
Transportes	16.577,66
Residencial	2.387,12
Emissões da queima de biomassa (parcela não renovável)	2.148,37
Agropecuário	1.664,24
Autoconsumo dos centros transformação	1.621,76
Comercial	198,29
Público	88,20
Total Uso da Energia	45.330,48
Emissões fugitivas petróleo e gás natural	18,37
Total de emissões do Estado (uso da energia + emissões fugitivas)	45.348,82

Fonte: autores

As emissões totais do Setor Energia, por fonte e por gases de efeito estufa, são apresentadas na

Tabela 4. 8. O óleo diesel gerou os maiores níveis de emissão pelo seu uso no setor transportes, seguido do coque de carvão mineral na siderurgia, com 24,5% e da gasolina também no setor transportes, com 9,9% de participação.

Em termos de tipos de gases, como mostrado na Figura 4. 18, o CO₂ foi o mais representativo com participação de 94,1%.



Fonte: autores

Figura 4. 18 – Participação dos gases de efeito estufa nas emissões totais do Setor Energia – Minas Gerais - 2005

A Tabela 4. 9, apresenta as emissões de gases de efeito estufa provenientes dos combustíveis fósseis e da biomassa, por setores socioeconômicos. No que se refere à responsabilidade desses setores, pode-se observar que a indústria foi a maior responsável pelas emissões mineiras, com destaque para a indústria siderúrgica. Em seguida, o transportes foi o setor com maior emissão, principalmente devida ao modal rodoviário.

Tabela 4. 8 – Emissões totais de energia, por fonte e por gás de efeito estufa – Minas Gerais - 2005

Combustível	Gg CO ₂	Gg CH ₄	Gg N ₂ O	Gg CO ₂ eq
Biomassa	Parcela Renovável	Parcela renovável		
Lenha	27.080,1	33,2	1,1	1.044,5
Bagaço de cana	4.358,6	1,4	0,2	84,5
Outras fontes primárias	1.650,2	0,1	0,1	23,0
Carvão vegetal	16.949,8	35,1	0,7	955,7
Álcool ⁽¹⁾	1.222,3	0,4	0,0	8,6
Eletricidade - Fontes Renováveis ⁽²⁾	2.309,3	0,5	0,1	32,1
Subtotal	53.570,3	70,7	2,1	2.148,4
Combustíveis Fósseis	Parcela fóssil			
Gás natural	1.203,6	0,4	0,0	1.214,9
Carvão energético	561,2	0,0	0,0	564,5
Carvão metalúrgico	1.938,0	0,0	0,0	1.949,3
Óleo diesel	13.478,0	0,7	0,7	13.716,9
Óleo combustível	2.498,2	0,1	0,0	2.506,3
Gasolina	4.285,9	1,6	0,5	4.473,4
GLP	2.595,9	0,0	0,0	2.598,1
Querosene	282,0	0,0	0,0	284,5
Gás coqueria	713,3	0,0	0,0	714,1
Coque de carvão mineral	11.047,1	0,1	0,1	11.097,7
Álcool ⁽³⁾	124,0	0,0	0,0	124,0
Eletricidade - Combustíveis Fósseis ⁽⁴⁾	1.336,6	0,0	0,0	1.336,6
Outras fontes secundárias	2.592,9	0,1	0,0	2.601,8
Subtotal	42.656,7	3,0	1,5	43.182,1
Total	42.656,7	73,6	3,6	45.330,4

Fonte: autores

(1) Refere-se a queima do álcool combustível nos veículos. As emissões de CH₄ e N₂O são contabilizadas nas emissões finais do Estado.

(2) Refere-se a queima de biomassa para gerar energia elétrica nas centrais elétricas de serviço público e na autoprodução

(3) Refere-se às emissões do ciclo de produção do álcool compreendidas como as emissões devidas ao consumo de combustíveis fósseis (máquinas, tratores e eletricidade) e no plantio da cana (fertilizantes, queima da palha e etc.)

(4) Refere-se a queima de combustíveis fósseis para gerar eletricidade nas centrais elétricas de serviço e na autoprodução.

Tabela 4. 9 – Emissões de GEE proveniente dos Combustíveis Fósseis e Biomassa – Minas Gerais - 2005

Setor	Gg CO₂	Gg CH₄	Gg N₂O	Gg CO₂eq
Autoconsumo dos centros transformação	1.616,3	5,2	0,70	1.942,8
Consumo final energético	41.040,4	68,5	2,93	43.387,7
Residencial	2.385,3	27,2	0,38	3.075,4
Comercial	198,1	0,2	0,01	205,2
Público	88,2	0,0	0,00	90,2
Agropecuário	1.658,9	0,6	0,02	1.677,7
Transportes – Total	16.145,9	2,9	1,22	16.586,3
Rodoviário	15.555,7	2,9	1,09	15.954,9
Ferrovário	320,3	0,0	0,12	359,0
Aéreo	269,9	0,0	0,01	272,4
Hidroviário	0,0	0,0	0,00	0,0
Industrial – Total	20.564,0	37,6	1,29	21.753,0
Cimento	1.238,3	1,6	0,05	1.288,9
Cal	745,6	0,2	0,02	756,9
Ferro gusa e aço integrado	14.113,9	6,8	0,33	14.359,5
Ferro gusa não integrado	289,8	22,7	0,46	907,8
Ferroligas	362,8	3,8	0,11	476,7
Outros da siderurgia	81,4	0,0	0,00	82,9
Mineração e pelotização	901,8	0,1	0,01	907,5
Não-ferrosos e outros da metalurgia	498,6	0,1	0,01	502,2
Química	473,9	0,3	0,02	486,3
Alimentos e bebidas	535,6	1,0	0,14	598,9
Têxtil	389,9	0,1	0,01	394,8
Papel e celulose	329,5	0,1	0,05	348,9
Cerâmica	297,0	0,7	0,06	332,2
Outros	305,8	0,1	0,01	309,5
Total sem bunker e emissões fugitivas	42.656,7	73,7	3,63	45.330,4
Emissões fugitivas		0,9		18,4
Total do Setor Energia	42.656,7	74,6		45.348,8

Fonte: Autores.

5. EMISSÕES DO SETOR PROCESSOS INDUSTRIAIS E USO DE PRODUTOS

Nos inventários de GEE, o setor Processos Industriais e Uso de Produtos é comumente identificado pela sigla IPPU, que deriva do inglês *Industrial Processes and Products Use*.

Neste inventário foram considerados os seguintes subsetores de IPPU: Indústria de Minerais não Metálicos; Indústria Química; Indústria de Minerais Metálicos. Os gases de efeito estufa inventariados foram o dióxido de carbono (CO₂), o óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), o perfluorometano (CF₄) e o perfluoretano (C₂F₆).

As emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades industriais correspondem não só aos processos de geração de energia, calor e/ou trabalho, como também ao processo produtivo em si e ao uso de gases de efeito estufa em produtos.

De acordo com o Guia IPCC 2006, as emissões oriundas dos equipamentos apropriados para fornecer calor ou trabalho mecânico para um determinado processo industrial, são contabilizadas no setor Energia. Somente as emissões geradas durante o processo industrial (transformação física ou química de materiais), ou na utilização de gases de efeito estufa em produtos e no uso não energético de carbono devem ser enquadradas em IPPU.

A Tabela 5. 1 mostra as atividades industriais consideradas no inventário, em IPPU.

Tabela 5. 1 – Categorias de processos industriais e uso de produtos

Processos industriais		Gases emitidos	Disponibilidade das informações
Indústria de minerais não metálicos	Produção de cimento	CO ₂	SNIC/FEAM
	Produção de cal	CO ₂	FEAM/ABPC
	Produção de cerâmica	CO ₂	FEAM
	Produção de carbetos de cálcio e carbetos de silício	CO ₂ e CH ₄	FEAM
Indústria de minerais metálicos	Produção de ferro e aço	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O	IBS
	Produção de ferroligas	CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O	FEAM/ABRAFE
	Produção de alumínio	CO ₂ e PFCs ¹	ABAL/FEAM
	Produção de magnésio	CO ₂ , HFC ² , PFC, e SF ₆ ³	não disponibilizada
	Produção de zinco	CO ₂	FEAM

Fonte: autores

¹ Perfluorcarbono. ² Hidrofluorcarbono. ³ Hexafluoreto de enxofre.

Na Tabela 5. 2 é apresentada a produção dos subsetores considerados, no ano de 2005.

Tabela 5. 2 – Produção do setor industrial cujas atividades foram consideradas no inventário Minas Gerais - 2005

SUBSETORES DE IPPU	PRODUÇÃO (t)
Subsetor de Minerais Metálicos	
Ferro gusa e aço	
Coque	2.746.533
Gusa (não convertido em aço)	3.255.325
Sinter	11.564.746
Ferroligas	
Ferro silício	139.169
Silício metálico	190.946
Zinco	ND
Magnésio	ND
Subsetor de Minerais Não-Metálicos	
Alumínio	145.900
Cerâmica (consumo de carbonatos)	
Calcita	3.750
Dolomita	39.380
Barrilha	1
Whiterita	72
Cimento	
Clínquer	5.974.000
Cal	3.604.638
Subsetor Indústria Química	
Carbeto de Silício	84.104
Carbeto de Cálcio	59.383

Fonte: autores.

ND = não disponibilizado.

A tarefa de alocar as emissões do uso de combustíveis fósseis nos setores de Energia ou no de IPPU, muitas vezes, torna-se bastante complexa. O uso de gases como matéria-prima e/ou redutor frequentemente produz outros gases que devem ser queimados para fornecer energia para o processo industrial. Igualmente, parte da matéria-prima deve ser queimada

diretamente para fornecer calor. Isto pode levar a incertezas e ambigüidade. De acordo com as premissas do IPCC, durante a elaboração do inventário é de fundamental importância que se evitem não só as omissões, como também a dupla contagem das emissões de GEE.

5.1 Subsetor Indústria de Minerais não Metálicos

A emissão de CO₂ na indústria de minerais não metálicos é resultante do uso de carbonatos como matéria-prima na fabricação de um grande número de produtos.

Na indústria de cimento, o CO₂ é formado durante a produção de clínquer. O clínquer é o componente básico do cimento, constituído em sua maior parte de silicatos de cálcio com propriedades hidráulicas. Durante a produção de clínquer, o calcário (CaCO₃) é calcinado para produzir óxido de cálcio (CaO) e o CO₂ é um subproduto da reação. O CaO é misturado com a sílica, alumina e óxido de ferro para formar o clínquer.

Na fabricação de cal, utiliza-se calcário de alto teor de pureza, o qual é calcinado, formando a cal ou óxido de cálcio (CaO). A reação ocorre em altas temperaturas, em forno rotatório, e o processo emite CO₂.

A produção de cerâmica inclui a fabricação de tijolos, telhas, tubos de argila vitrificada, produtos refratários, pisos, azulejos, artefatos para decoração, louça sanitária e outros. As emissões de CO₂ provenientes desse processo são resultantes da calcinação dos carbonatos presentes na argila e da utilização de aditivos. O processo é similar ao da produção de cimento e cal: os carbonatos são aquecidos a altas temperaturas no forno, produzindo, dentre outros óxidos, o CO₂.

A Tabela 5. 3 e a Figura 5. 1 mostram as emissões para o setor de produção de minerais não metálicos.

Tabela 5. 3 – Emissões de GEE do subsetor Indústria de Minerais não Metálicos Minas Gerais - 2005

Processo produtivo	Emissões de CO ₂ (Gg)
Cimento	3.107,67
Cal	2.703,79
Cerâmica	20,45
Total	5.831,91

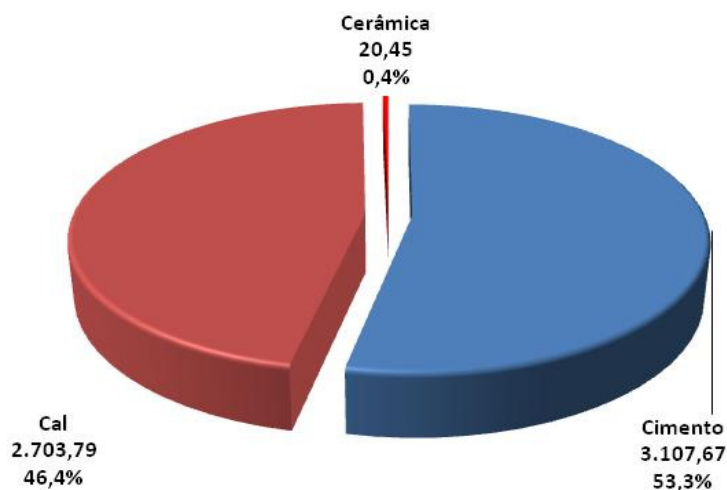


Figura 5. 1 – Emissões de CO₂ (Gg CO₂) do subsetor Indústria de Minerais não Metálicos Minas Gerais - 2005

5.2 Subsetor Indústria Química

A produção de vários compostos químicos orgânicos e inorgânicos resulta na emissão de quantidades significativas de gases de efeito estufa.

O carbeto de silício (SiC), um potente abrasivo artificial, é produzido a partir de areia ou quartzo e coque de petróleo. Quanto ao carbeto de cálcio (CaC₂), é usado na produção de acetileno, na fabricação de cianamida e como redutor em fornos elétricos de produção de aço. É produzido a partir de duas matérias-primas que contêm carbono: carbonato de cálcio e coque de petróleo.

Um processo de produção que utiliza matérias-primas que contêm carbono resulta, geralmente, em emissões de CO₂. Além disso, a presença de hidrocarbonetos voláteis no coque de petróleo pode ocasionar a emissão de CH₄.

A Tabela 5. 4 resume as emissões estimadas para o subsetor de indústria química.

Tabela 5. 4 – Emissões de GEE do subsetor indústria química – Minas Gerais - 2005

Processo produtivo	Gg CO ₂	t CH ₄	Gg CO ₂ eq
CaC ₂	64,73	-	64,73
SiC	220,35	975,61	240,84
Total	285,08	975,61	305,57

Fonte: autores

5.3 Subsetor Indústria de Minerais Metálicos

A produção de ferro gusa e aço pode ocorrer a partir da redução do minério de ferro, em usinas integradas e não integradas, ou por meio da utilização de sucata, em usinas com fornos elétricos a arco. As principais etapas operacionais para produção de ferro e aço nas usinas integradas a carvão mineral consistem na produção de coque metalúrgico, produção de sinter, produção de *peletts*, processamento do minério de ferro, fabricação de ferro gusa e fabricação do aço, por meio da combustão em alto-forno. Durante o processo são emitidos CO₂, CH₄ e N₂O.

A siderurgia utiliza o carbono para geração de energia e como agente redutor do minério de ferro. Uma fração do carbono é incorporada aos produtos e a maior parte é emitida na forma de CO₂.

Ressalta-se que para a contabilização das emissões de CO₂ é importante diferenciar o carbono consumido na reação química de redução do minério de ferro (uso direto) e o carbono necessário para gerar energia (uso indireto). Pela ausência de informações de consumo desses agentes por uso específico, todas as emissões de CO₂ da siderurgia foram contabilizadas no setor Energia. Além disso, a metodologia do IPCC não contempla a avaliação de emissões da siderurgia decorrentes da utilização do carvão vegetal, que tem significativo uso em Minas Gerais, reafirmando a opção por contabilizar as emissões de CO₂ no setor Energia. Essa mesma estratégia foi adotada no Inventário Nacional, publicado em 2004.

O termo ferroligas é utilizado para descrever ligas de ferro com outros metais que tomam parte como matéria-prima no processo de fabricação do aço. Na produção de ferroligas, o minério, o coque metalúrgico e escória são misturados e aquecidos em altas temperaturas para que ocorra a redução e a fusão. Os redutores empregados podem ser tanto carvão vegetal quanto coque.

O Manual do IPCC (2006) apresenta uma série de aproximações para contabilizar as emissões de CO₂ provenientes do processo produtivo de ferroligas. A metodologia considera o cálculo das emissões a partir do volume de produção utilizando fatores de emissão *default* supondo-se o emprego unicamente de carbono fóssil. Entretanto, a produção de ferroligas em Minas Gerais utiliza, predominantemente, carvão vegetal, impedindo que se aplique a metodologia estabelecida. Dessa forma, as emissões de CO₂ foram contabilizadas no setor Energia, conforme já citado anteriormente.

As emissões de CH₄ foram calculadas com base na produção do setor. Com relação às emissões de N₂O, o IPCC ressalta que as incertezas associadas às estimativas e às medições nessa categoria de processo produtivo são muito grandes. Consequentemente, ainda não foi proposta metodologia de cálculo.

O alumínio primário é obtido a partir do processo de redução eletrolítica. A reação ocorre numa célula de carbono (anodo) que contém uma solução eletrolítica (catodo). Desse modo, o alumínio é produzido no catodo e o carbono é consumido no anodo. As emissões mais significativas do processo produtivo são resultantes da emissão de CO₂ do consumo de carbono no anodo, durante a reação de conversão da alumina em alumínio metálico.

Na produção de alumínio, ocorre também a emissão de gases do grupo dos perfluorcarbonos (PFC): o perfluormetano, também dito tetrafluormetano (CF₄) e o perfluoretano, também dito hexafluoretano (C₂F₆). As quantidades produzidas dependem do tipo de tecnologia adotada. Para o cálculo dessas emissões foram utilizados os fatores de emissão *default* apropriados, disponibilizados pelo IPCC.

A Tabela 5. 5 resume as emissões do subsetor Indústria de Minerais Metálicos.

Tabela 5. 5 – Emissões GEE do subsetor Indústria de Minerais Metálicos – Minas Gerais - 2005

Processo produtivo	Emissões de Gg CO ₂	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de CF ₄ (t)	Emissões de C ₂ F ₆ (t)	Emissões de CO ₂ equivalente
Siderurgia		809,81			17,01
Ferroligas		368,31			7,73
Alumínio	248,03		96,48	5,33	924.19
Total	248,03	1.178,12	96,48	5,33	948.93

Fonte: autores

5.4 Totalização das Emissões de IPPU

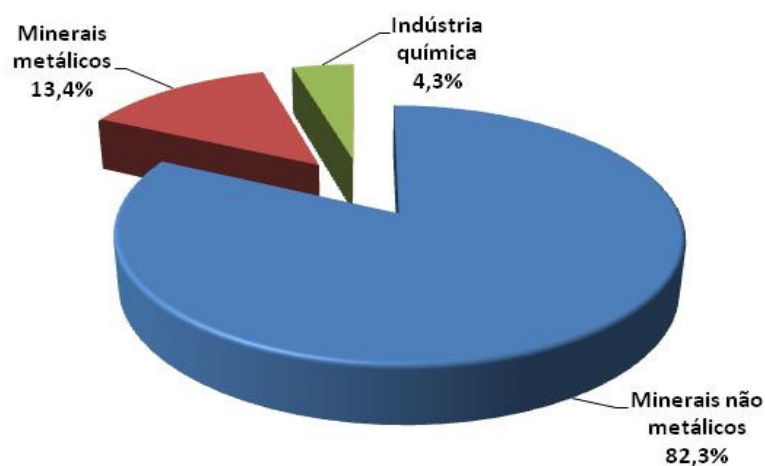
As emissões de IPPU totalizaram 7.086,41 Gg em CO₂eq. O subsetor industrial mais emissor foi o de Produção de Minerais não Metálicos, responsável por 82,3% das emissões de IPPU. O segundo maior emissor foi o setor de Produção de Minerais Metálicos que respondem por 13,4%. O subsetor Indústria Química vem em terceiro lugar, com 4,3%.

A Tabela 5. 6 e a Figura 5. 2 ilustram os resultados.

Tabela 5. 6 – Emissões de GEE do setor IPPU – Minas Gerais - 2005

Processo Produtivo	Emissões de CO ₂ (GgCO ₂)	Emissões de CH ₄ (t)	Emissões de CF ₄ (t)	Emissões de C ₂ F ₆ (t)	Emissões de CO ₂ equivalente (Gg CO ₂ eq)
Minerais não metálicos	5.831,91				5.831,91
Minerais metálicos	248,03	1.178,12	96,48	5,33	948,93
Indústria química	285,08	975,61			305,57
Total	6.365,02	2.153,73	96,48	5,33	7.086,40

Fonte: autores



Fonte: autores

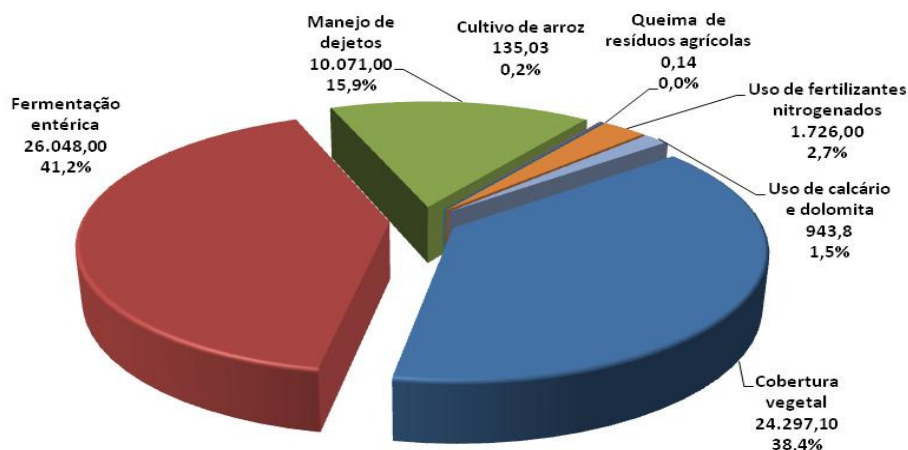
**Figura 5. 2 – Participação dos subsetores de IPPU nas emissões de GEE (%)
Minas Gerais - 2005**

6. EMISSÕES DO SETOR AGRICULTURA, FLORESTAS E OUTROS USOS DO SOLO

Para fins de inventários de GEE, o setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo é comumente identificado pela sigla AFOLU, que deriva do idioma inglês *Agriculture, Forestry and Other Land Use*.

Os principais gases de efeito estufa relacionados ao setor AFOLU são o dióxido de carbono (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4). Os fluxos de CO_2 entre a atmosfera e os ecossistemas terrestres são, primordialmente, controlados por absorção pela fotossíntese das plantas e emitidos pela respiração, decomposição e combustão da matéria orgânica. O N_2O é, principalmente, emitido pelos ecossistemas como um subproduto da nitrificação e da denitrificação, enquanto que o CH_4 é emitido pela metanogênese sob condições anaeróbias em solos, acondicionamento de esterco, fermentação entérica e durante a combustão incompleta de matéria orgânica.

As atividades do setor Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo foram responsáveis pela emissão de 63.221,14 Gg CO_2 eq em 2005. Uma síntese das emissões e respectivas origens podem ser observadas na Figura 6. 1. As emissões da pecuária foram as mais representativas com 57,1%, somando-se a fermentação entérica e o manejo de dejetos. As mudanças no uso do solo (cobertura vegetal) apresentaram também valor expressivo, participando com 38,4%. A agricultura, com 4,3%, teve as maiores emissões no uso de fertilizantes nitrogenados. Os gases de efeito estufa relacionados ao Setor de AFOLU foram o dióxido de carbono (CO_2), o óxido nitroso (N_2O) e o metano (CH_4).



Fonte: autores

Figura 6. 1 – Emissões de GEE do setor AFOLU (Gg CO_2 eq) – Minas Gerais - 2005

6.1 Subsetor Agricultura

A agricultura é um setor de grande importância para o Estado, tendo produção agrícola alcançando em 2005, 10,4 milhões de toneladas.

Minas Gerais teve, também, destaque no país com relação à produção de leite e café, além de possuir o terceiro maior rebanho bovino. O Estado destacou-se também na produção nacional de cana-de-açúcar, milho, soja, feijão e hortaliças.

A Tabela 6. 1 mostra os dados de algumas das principais culturas em 2005.

Tabela 6. 1 – Principais culturas, áreas ocupadas e respectiva produção total Minas Gerais - 2005

Cultura	Área	Produção
	(ha)	(t)
Milho	1.331.399	5.325.596
Cana-de-açúcar	336.254	4.371.302
Soja	1.109.384	3.550.029
Café	1.040.215	1.040.215
Mandioca	35.240	599.080
Arroz	107.411	322.233
Feijão	360.765	288.612

Fonte: EMATER-MG

As emissões provenientes da agricultura foram devidas ao cultivo de arroz, às queimadas, principalmente de cana-de-açúcar, e à aplicação de fertilizantes e corretivos de solo. As emissões de metano do cultivo de arroz totalizaram 6,451 Gg CH₄, em 2005.

A Tabela 6. 2 apresenta os resultados para cada regime de manejo adotado.

Tabela 6. 2 – Emissões de GEE do cultivo de arroz – Minas Gerais - 2005

Tipo de manejo	Arroz em casca		
	Emissões Gg CH ₄	Emissões em Gg CO ₂ eq	%
Arroz irrigado	3,63	76,23	56,5
Arroz sequeiro	0,00	0	0,00%
Arroz várzea úmida	2,80	58,80	43,6
Total	6,43	135,03	100,0%

Fonte: autores, a partir de dados disponibilizados pela EMATER-MG e fatores de Emissão do GUIA IPCC - 2006

A queima de biomassa é uma das formas de emissão de gases de efeito estufa, sendo emitidos o CO₂, o CH₄ e o N₂O. Nesse caso foram computados apenas o CH₄ e o N₂O, visto que o CO₂, emitido através da queima em áreas agrícolas (áreas permanentes ou não alteradas), foi absorvido pela vegetação durante o crescimento da safra. No caso da queima de áreas que sofreram transformação (por exemplo: de agricultura para pastagens), as emissões de CO₂ foram calculadas através da variação do estoque de carbono da cobertura vegetal.

Os resultados das emissões de CH₄ e N₂O durante a queima da palha da cana-de-açúcar são mostrados de forma agregada para Minas Gerais na Tabela 6. 3. Os valores estimados são de 4,72 t CH₄ e 0,12 t N₂O, correspondendo a 0,14 Gg de CO₂eq.

Tabela 6. 3 – Emissões de GEE da queima da palha da cana-de-açúcar Minas Gerais - 2005

Área queimada no Estado	Quantidade de palha disponível para combustão	Fator de Combustão	Fator de emissão de CH ₄	Emissões de CH ₄	Fator de emissão de N ₂ O	Emissões de N ₂ O	Total
(ha)	(t/ha)	-	g/kg matéria seca	t CH ₄	g/kg matéria seca	t N ₂ O	Gg CO ₂ eq
336.254	6,50	0,80	2,70	4,72	0,07	0,12	0,14

Fonte: autores, a partir de GUIA IPCC-2006 e dados disponibilizados pela EMATER-MG/DETEC.

O óxido nitroso é naturalmente produzido nos solos por processos de nitrificação e denitrificação. A nitrificação é a oxidação aeróbica microbiana do nitrato de amônia e a

denitrificação é a redução anaeróbia microbiana do nitrato em nitrogênio gasoso (N_2). O óxido nitroso é um intermediário gasoso na seqüência de reação da denitrificação e um subproduto da nitrificação que escapa das células microbiológicas para os solos e finalmente para a atmosfera.

As emissões de N_2O que resultam de adições de nitrogênio (N) antropogênico ou da mineralização de nitrogênio, ocorrem de forma direta (isto é, diretamente de solos onde há adição de nitrogênio) e de forma indireta que por sua vez também ocorre de duas formas: 1) pela volatilização de NH_3 e NO_x de solos manejados e da queima de combustíveis fósseis e de biomassa com subsequente deposição desses gases e seus produtos (NH_4^+ e NO_3^-) a solos e água; e 2) após a lixiviação e o *runoff* de nitrogênio, principalmente como NO_3^- de solos manejados.

As emissões diretas de N_2O totalizaram 4.756,94 t em 2005, conforme mostra a Tabela 6. 4.

Tabela 6. 4 – Emissões diretas de N_2O por solos agrícolas – Minas Gerais - 2005

Fertilizante aplicado em cultivo de arroz*	Fator de emissão para cultivo de arroz	Emissão direta de solos com cultivo de arroz	Fertilizante aplicado nas culturas agrícolas, exceto arroz	Fator de emissão para culturas agrícolas, exceto arroz	Emissão direta de solos de área agrícola, exceto arroz	Total de emissão direta de solos agrícolas	Total de emissão direta de solos agrícolas
(kg N)	(kg N_2O /kg N)	(kg N_2O /ano)	(kg N)	(kg N_2O /kg N)	(kg N_2O /ano)	(t N_2O /ano)	(t CO_2eq)
450.600	0,003	1.351,80	475.558.900	0,01	4.755.589,00	4.756,94	1.474.652

Fonte: autores, a partir de dados disponibilizados pela EMATER/FEAM e fatores do GUIA IPCC-2006.

Nota: (*) Foi considerado apenas o fertilizante orgânico aplicado ao cultivo do arroz, visto que a quantidade de fertilizantes sintéticos foi disponibilizada de forma agregada para todo o Estado.

As emissões indiretas de N_2O volatilizado e percolado totalizaram 811,12 t em 2005 e podem ser observadas na Tabela 6. 5.

Tabela 6. 5 – Emissões indiretas de N₂O por solos agrícolas – Minas Gerais - 2005

Fertilizante aplicado	Fração de N que volatiliza	Fator de emissão para N volatilizado	Fração de N que percola	Fator de emissão para N percolado	Total de emissões indiretas	Total de emissões indiretas
kg N		(kg N ₂ O-N)/(kg NH ₃ -N + NO _x -N volatilizado)		(kg N ₂ O-N / kg N percolado e runoff)	(t N ₂ O)	(t CO ₂ eq)
Sintético 435.849.000	0,10	0,01	0,30	0,0075	811,12	251.449
Orgânico 40.160.500						

Fonte: autores

As emissões totais de N₂O resultantes da adição de nitrogênio aos solos, verificadas em 2005, foram de 5.568 t.

A adição de carbonato aos solos, sob a forma de calcário (CaCO₃) ou dolomita (CaMg(CO₃)₂), reduz a acidez do solo e melhora o crescimento da vegetação em terras agrícolas. As emissões de CO₂ dessa prática agrícola ocorrem porque o carbonato de cálcio se dissolve, liberando bicarbonato (2HCO₃⁻) que se transforma em CO₂ e água.

As emissões totais do uso de carbonatos na agricultura foram de 943,8 Gg CO₂ em 2005. A Tabela 6. 6 sintetiza os resultados.

Tabela 6. 6 – Emissões de CO₂ no uso de calcário – Minas Gerais - 2005

Quantidade anual de calcário (CaCO ₃)	Fator de emissão	Quantidade anual de dolomita (CaMg(CO ₃) ₂)	Fator de emissão	Emissões anuais de C pela aplicação de calcário (CaCO ₃ + CaMg(CO ₃) ₂)	Emissões anuais de CO ₂ pela aplicação de calcário (CaCO ₃ + CaMg(CO ₃) ₂)
t	t de C/t de calcário	t	t de C/t de dolomita	t de C/ano	Gg de CO ₂ /ano
M _{calcário}	EF _{calcário}	M _{dolomita}	EF _{Dolomita}	CO ₂ Emissões	CO ₂ Emissões
2 145 006	0,12	0	0,13	257 401	943,80

Fonte: autores

A aplicação de uréia aos solos agrícolas provoca a perda de CO₂, que é fixado durante o processo industrial de produção de fertilizantes. A uréia é usualmente aplicada em combinação com outros fertilizantes nitrogenados. A metodologia do IPCC, entretanto recomenda, como boa prática, assumir que a composição do fertilizante é de 100% uréia

(IPCC, 2006⁹). Por não ter sido possível obter dados sobre o consumo estadual de fertilizantes nitrogenados, não foram feitas estimativas de emissões de CO₂ do manejo de solos agrícolas pela aplicação desse tipo de insumo.

6.2 Subsetor Pecuária

Em 2005, a pecuária foi uma atividade econômica de grande importância para Minas Gerais, que ocupa lugar de destaque no Brasil, sendo que a bovinocultura de leite foi a principal atividade pecuária. De acordo com dados do IBGE, o Estado foi responsável por 29% de toda produção nacional de leite em 2005 (7,09 bilhões de litros), respondendo por 22% do total de vacas ordenhadas no país. A produtividade média de leite em foi de 1.476 litros por vaca por ano, índice este 21% superior à média nacional para o mesmo período.

A pecuária de corte também tem uma representatividade econômica bastante significativa no Estado. De acordo com dados do IBGE, o rebanho mineiro (gado de corte e gado de leite), apurado em 2005, respondia por 10,3% de todo o rebanho nacional, ficando atrás apenas dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. A principal prática de manejo desses animais continua sendo a criação em pastagens, com pequena participação de efetivo de gado de corte em confinamento ou semiconfinamento.

A atividade de suinocultura possui uma menor importância relativa no agronegócio de Minas Gerais, se comparada à bovinocultura. O Estado possuía, em 2005, 11,13% do efetivo de suínos no país. Essa participação correspondia, no mesmo ano, à 10,1% do peso total de carcaças de suínos abatidos sob inspeção no país.

As atividades de avicultura, criação de bubalinos, ovinos, caprinos, eqüinos, asininos e muares, além de apresentarem menor participação na geração interna de renda no Estado, segundo dados da SEAPA, possuem menor representatividade nas emissões de gases de efeito estufa nas categorias observadas (fermentação entérica¹⁰ e gestão de dejetos). Conforme orientações do IPCC (1996), um nível maior de detalhamento é recomendado apenas para as categorias de animais de gado de corte, gado de leite e suínos.

Na Tabela 6. 7 é mostrada a população do rebanho mineiro no ano de 2005 e sua comparação com o rebanho nacional.

⁹ Capítulo 11, do volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use – AFOLU.

¹⁰ A categoria das aves não entra no cálculo de emissões do setor de pecuária para o processo de fermentação entérica.

Tabela 6. 7 – População dos rebanhos mineiros e nacionais

Tipo de animal	Número de animais (em milhões de cabeças)		
	Minas Gerais	Brasil	MG/Brasil (%)
Gado de leite	4.659	20.632	22,6
Eqüinos	857	5.787	14,8
Asininos e muares	298	2.580	11,6
Suínos	3.793	34.064	11,1
Gado de corte	16.744	186.525	9,0
Aves	89.832	1.005.879	8,9
Bubalinos	36	1.174	3,1
Caprinos	127	10.307	1,2
Ovinos	189	15.588	1,2
Outros	16	304	5,2

Fonte: Produção da Pecuária Municipal, IBGE, 2005

As emissões de metano do subsetor pecuária, provenientes dos animais de criadouro, alcançaram 1.269,09 Gg CH₄ no ano de 2005, conforme mostrado na Tabela 6. 8, sendo que 98% dessas emissões foram provenientes de fermentação entérica, sendo que 98% dessas são oriundas do gado bovino.

Tabela 6. 8 – Emissões de metano de animais de criadouro (Gg CH₄) – Minas Gerais - 2005

Categoria de rebanho	Fator de emissão da fermentação entérica	Fator de emissão da fermentação entérica	Emissões de CH ₄ da fermentação entérica	Fator de emissão para manejo de dejetos	Emissões de CH ₄ de manejo de dejetos	Emissões totais CH ₄ Pecuária
	kg CH ₄ /cabeça /ano	kg CH ₄ /cabeça /ano	Gg CH ₄ /ano	kg CH ₄ /cabeça /ano	Gg CH ₄ /ano	Gg CH ₄ /ano
Tipo (T)	FE(T) <i>Default</i>	FE(T) Calculado	CH ₄ Fermentação entérica	EF(T)	CH ₄ Gestão de dejetos	CH ₄ Pecuária
Gado de Leite	63	65	301,42	1,00	4,66	306,08
Gado de Corte	56	55	914,12	1,00	16,74	930,87
Bubalinos	55	n.a.	1,99	1,00	0,04	2,02
Ovinos	5	n.a.	0,94	0,15	0,03	0,97
Caprinos	5	n.a.	0,63	0,17	0,02	0,65
Eqüinos	18	n.a.	15,42	1,64	1,41	16,83
Asininos e Muares	10	n.a.	2,08	0,90	0,19	2,27
Suínos	1	n.a.	3,79	1,00	3,79	7,59
Aves	n.a.	n.a.	n.d.	0,02	1,80	1,80
Outros	n.a.	n.a.	n.d.	1,00	0,02	0,02
Total			1.240,40		28,69	1.269,09

Fonte: autores; GUIA IPCC-2006. n.a. = não se aplica.

As emissões diretas e indiretas de N₂O de sistemas de manejo de dejetos resultaram em emissões totais de 30,54 Gg N₂O, com emissões diretas de 26,97 Gg N₂O e emissões indiretas por volatilização de 3,57 Gg N₂O. Desse total, 98% são provenientes do rebanho bovino. Os valores encontram-se na Tabela 6. 9.

Tabela 6. 9 – Emissões de N₂O no manejo de dejetos – Minas Gerais - 2005

Categoria de rebanho	Emissões diretas de N ₂ O	Emissões indiretas de N ₂ O	Emissões totais de N ₂ O
	Gg N ₂ O/ano	Gg N ₂ O/ano	Gg N ₂ O/ano
Gado de Leite	11,43	2,00	13,43
Gado de Corte	15,40	1,54	16,94
Bubalinos	0,00	0,00	0,00
Ovinos	0,01	0,0014	0,01
Caprinos	0,00	0,00	0,00
Eqüinos	0,00	0,0008	0,00
Asininos e Muares	0,00	0,0001	0,00
Suínos	0,09	0,0369	0,13
Aves	0,02	n.a.	0,02
Outros	0,00	n.a.	0,00
Total	26,97	3,57	30,54

Fonte: autores
n.a. = não se aplica.

Os resultados apresentados na Tabela 6. 10 mostram que as emissões decorrentes do setor de pecuária somaram 36.120 Gg CO₂ eq.

Tabela 6. 10 – Emissões de N₂O da pecuária – Minas Gerais - 2005

Categoria de rebanho	Fermentação entérica (CH ₄)	Manejo de dejetos (CH ₄)	Manejo de dejetos (emissões diretas de N ₂ O)	Manejo de dejetos (emissões indiretas de N ₂ O)	TOTAL
	Gg CO ₂ eq				
Gado de Leite	6.330	98	3.543	620	10.591
Gado de Corte	19.197	352	4.775	477	24.801
Bubalinos	42	1	0	0	43
Ovinos	20	1	4	0	25
Caprinos	13	0	0	0	14
Eqüinos	324	30	3	0	356
Asininos e	44	4	0	0	48
Suínos	80	80	29	11	199
Aves	n.a.	38	5	n.a.	43
Outros	n.a.	0	0	n.a.	0
Total	26.048	602	8.359	1.110	36.120

Fonte: autores, a partir do GUIA IPCC-2006.
n.a. = não se aplica.

6.3 Subsetor Florestas e outros Usos do Solo

As formações florestais são consideradas reservatórios vivos de carbono, e estão sujeitas às reduções de estoque ocasionadas, principalmente, por diferentes tipos de intervenções antrópicas.

Com relação às formações vegetais nativas, as diferentes formas de relevo em Minas Gerais, somadas às especificidades de solo e clima, proporcionam paisagens diversas, recobertas por vegetações características em cada um dos vários ambientes inseridos no domínio dos três biomas principais que caracterizam a cobertura vegetal do Estado: Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga.

O Cerrado é o bioma predominante, correspondendo aproximadamente à metade da cobertura vegetal do Estado, localizando-se na porção centro-ocidental, especialmente nas bacias dos rios São Francisco e Jequitinhonha.

A Mata Atlântica é o segundo maior bioma em Minas. Atualmente, a Mata Atlântica mineira se encontra reduzida a poucos fragmentos localizados principalmente na porção leste do Estado, tendo como principal reserva o Parque Estadual do Rio Doce (AMDA, 2005).

Já o domínio da caatinga se restringe ao norte do estado, ocupando cerca de 2% do território mineiro.

De modo geral, a paisagem transita para o cerrado ao sul e a oeste; para os campos rupestres ao centro; e para a floresta atlântica a leste, exibindo fases de transição de difícil caracterização ou como manchas inclusas em outras formas de vegetação. As vegetações características de áreas úmidas, como as veredas, os campos rupestres e as várzeas aparecem em menor escala.

Segundo o Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais, estudo elaborado em 2005 pelo Instituto Estadual de Florestas (IEF) em parceria com a Universidade Federal de Lavras (UFLA), cerca de um terço do território de mineiro mantém cobertura vegetal nativa. A Tabela 6. 11 apresenta a participação das principais categorias de cobertura vegetal e suas tipologias, segundo a classificação descrita pelo documento citado.

Tabela 6. 11 – Distribuição percentual das principais categorias de cobertura vegetal – Minas Gerais - 2005

Categorias	Participação (%)
Áreas alagadas	1,0%
Campo	6,4%
Campo Rupestre	1,0%
Campo Cerrado	3,0%
Cerrado Sensu Stricto	7,0%
Cerradão	2,7%
Vereda	2,0%
Floresta Estacional Decidual (Caatinga e Mata Seca)	2,8%
Floresta Estacional Semi-decidual	9,2%
Floresta Ombrófila	0,4%
Áreas urbanas	0,5%
Pinus	0,2%
Eucalipto	1,8%
Outros*	62,0%
Total	100,0%

Fonte: autores; adaptação segundo dados disponibilizados a partir do Atlas da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais 2005 (SEMAD/IEF/UFLA) e Coura (2007).

Nota: (*) Em "outros" foram consideradas as pastagens, áreas agrícolas e solo exposto.

A Tabela 6. 12 mostra a variação da área de cobertura vegetal no Estado, no período entre 2003 e 2005.

Tabela 6. 12 – Variação da cobertura vegetal no período 2003-2005 em Minas Gerais

Tipologia da cobertura florestal e uso do solo	Área coberta (ha)		Varição da área Coberta (ha)
	2003	2005	2005 – 2003
Campo	3.892.333,00	3.872.318,00	-20.015,00
Campo Rupestre	617.374,00	617.234,00	-140,00
Campo Cerrado	1.511.475,00	1.501.992,00	-9.483,00
Cerrado Sensu Stricto	5.631.215,00	5.560.615,00	-70.600,00
Cerradão	357.946,00	355.011,00	-2.935,00
Vereda	407.923,00	406.887,00	-1.036,00
Floresta Estacional Decidual	2.046.679,00	2.040.920,00	-5.759,00
Floresta Estacional Semi-decidual	5.265.029,00	5.222.582,00	-42.447,00
Floresta Ombrófila	224.724,00	224.503,00	-221,00
Floresta Plantada (Eucalipto)	984.796,48	1.015.633,25	30.836,77
Floresta Plantada (Pinus)	153.025,68	151.633,98	-1.391,70
Subtotal²	21.092.520,16	20.969.329,23	-123.190,93
Áreas agrícolas	4.449.691,00	4.391.146,00	-58.545,00
Pastagem	25.010.000,00	25.348.603,00	338.603,00
Total do Estado	50.552.211,16	50.709.078,23	156.867,07

Fonte: autores, a partir de dados obtidos do “Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais” (UFLA 2006) e de dados disponibilizados pelo IEF (2008). (valores para o Estado de Minas Gerais, exclusive pastagens e áreas agrícolas)

Com relação às florestas plantadas em Minas Gerais, elas têm finalidades diversas, com destaque para os plantios industriais, cujo objetivo é prover matérias-primas à indústria de celulose, à indústria siderúrgica, à indústria moveleira, à indústria de laminados e de chapas e à geração de energia a partir da lenha. Essas florestas obedecem a um plano de manejo – desbaste, corte raso e rotação que influem na quantidade e qualidade da madeira. Há ainda os plantios cuja finalidade não está ligada à provisão de matérias-primas e que não obedecem, necessariamente, a um plano de manejo. Esses plantios cumprem, via de regra, funções de proteção e recuperação ambiental, tais como proteção de encostas, barreiras para redução da velocidade do vento, composição paisagística, proteção de mananciais, recuperação de áreas degradadas, dentre outras.

O Estado de Minas Gerais possui, conforme dados da Associação Mineira de Silvicultura – AMS, possui a maior área de floresta plantada do Brasil. As espécies predominantemente cultivadas são Pinus e Eucalipto (*Eucalyptus Grandis* e *Eucalyptus Urofila*), segundo o levantamento realizado pela UFLA.

De acordo com os dados apresentados no Inventário da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais, o Estado possuía, em 2005, 1.015.633 hectares de floresta de eucalipto e 151.634 hectares de Florestas de Pinus.

A Tabela 6. 13 apresenta o total de estoque de carbono fixado pelas florestas nativas e plantadas no Estado, nos anos de 2003 e 2005, bem como as variações de estoque ocorridas e as emissões atribuídas para o mesmo período. As emissões de CO₂ foram estimadas com base na diferença de estoques de carbono fixado, a partir de dados do Atlas Digital da Flora Nativa e Reflorestamento de Minas Gerais, multiplicados por um fator de conversão específico para o Estado, levantado pela Universidade Federal de Lavras.

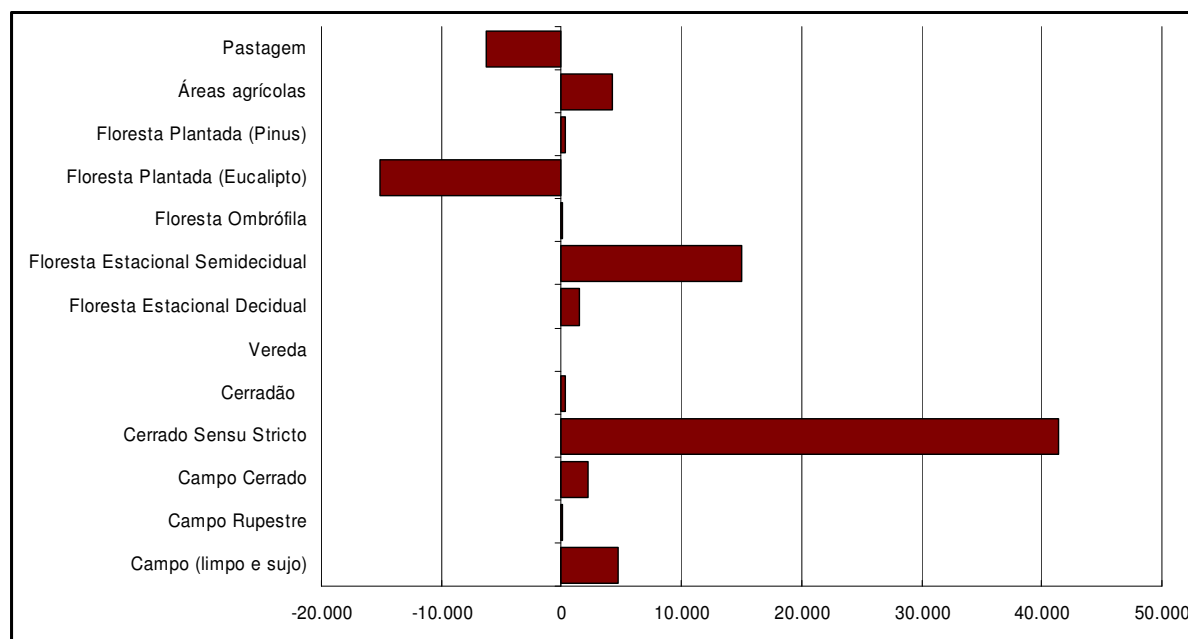
Tabela 6. 13 – Emissões líquidas¹ de GEE de uso do solo (Gg CO₂) – Minas Gerais - 2005

Tipologia da Cobertura Florestal e Uso do Solo	Carbono Fixado (kt)		Varição de Estoque de Carbono (kt)	Emissões/Seqüestro de CO ₂ (Gg)
	2003	2005	Período de 2003 a 2005	
Campo	247.697,50	246.423,80	- 1.273,70	4.670,20
Campo Rupestre	39.288,00	39.279,10	- 8,90	32,70
Campo Cerrado	96.186,20	95.582,70	- 603,50	2.212,70
Cerrado <i>Sensu Stricto</i>	900.240,00	888.953,50	- 11.286,50	41.384,00
Cerradão	10.265,90	10.181,70	- 84,20	308,60
Vereda	11.699,20	11.669,50	- 29,70	108,90
Floresta Estacional Decidual	140.785,10	140.388,90	- 396,10	1.452,50
Floresta Estacional Semi-decidual	508.363,20	504.264,70	- 4.098,50	15.027,70
Floresta Ombrófila	34.337,40	34.303,60	- 33,80	123,80
Floresta Plantada (Eucalipto)	132.002,10	136.135,50	+ 4.133,40	- 15.155,70
Floresta Plantada (Pinus)	10.286,40	10.192,80	- 93,6	343,00
Subtotal²	2.131.1510,00	2.117.376,00	- 13.775,00	50.508,60
Áreas agrícolas	88.993,80	87.822,90	- 1.170,90	4.293,30
Pastagem	125.050,00	126.743,00	+ 1.693,00	- 6.207,70
Total do Estado	2.345.194,60	2.331.941,70	- 13.253,00	48.594,20

Notas: ¹Emissões Líquidas = emissões menos seqüestro. Os valores negativos da coluna Emissões/Seqüestro correspondem ao seqüestro enquanto os valores positivos correspondem às emissões. ² Valores para o Estado de Minas Gerais, exclusive pastagens e áreas agrícolas.

Fonte: autores, a partir de dados obtidos do “Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais” (UFLA 2006) e dados disponibilizados pelo IEF (2008).

De forma a permitir uma melhor visualização do total da variação, a Figura 6. 2 apresenta as emissões anuais de carbono de algumas categorias de uso do solo no Estado de Minas Gerais, para o período 2003-2005.



Fonte: autores, a partir de dados obtidos do “Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais” (UFLA 2006) e dados disponibilizados pelo IEF (2008).

**Figura 6. 2 – Emissões por tipologia florestal (Gg CO₂)
Minas Gerais - período 2003/2005**

Em termos regionais, as emissões de CO₂ no período 2003/2005 estão consolidadas conforme a Tabela 6. 14, que apresenta também a participação de cada região no total do Estado. Esses resultados, porém, desconsideram os dados de pastagem e áreas agrícolas, pois estes foram obtidos apenas em termos consolidados para o território mineiro como um todo.

Tabela 6. 14 – Emissões/sequestro de carbono (Gg CO₂) – Minas Gerais¹ - período 2003/2005

Região	Emissões de C em Gg CO ₂	Percentual
	Período de 2003 a 2005	
Alto Jequitinhonha	7.151,20	14,2%
Alto Médio São Francisco	7.898,30	15,7%
Alto Paranaíba	3.508,90	6,9%
Centro Norte	8.688,70	17,3%
Centro Oeste	2.489,30	4,9%
Centro Sul	537,50	1,1%
Mata	622,30	1,2%
Nordeste	1.899,00	3,8%
Noroeste	8.538,00	16,9%
Norte	11.516,30	22,8%
Rio Doce	-4.025,70	-8,0%
Sul	654,90	1,3%
Triângulo	1.029,70	2,0%
Estado de MG²	50.508,40	100,0%

Fonte: autores, a partir de dados obtidos do “Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais” (UFLA 2006) e disponibilizados pelo IEF (2008).

Notas: ¹Os valores positivos representam emissões e os valores negativos representam sequestro de carbono entre o período analisado. ² Resultado para o Estado de Minas Gerais, exclusive pastagens e áreas agrícolas.

Com base na Tabela 6. 14, verifica-se que apenas a região do Rio Doce teve um balanço de carbono positivo (seqüestro > emissões). O comportamento diferente dessa região se explica tanto pelo aumento do plantio de florestas de eucalipto, quanto pela tendência de permanência na ocupação do solo para a maior parte das fisionomias avaliadas.

Apresenta-se na Tabela 6. 15, de forma separada, os resultados para as tipologias de áreas agrícolas e pastagens. Nas áreas agrícolas foram consideradas todas aquelas que se destinaram, nos referidos anos, à produção de grãos, café, cana-de-açúcar, olerícolas e fruticultura.

**Tabela 6. 15 – Emissões líquidas de GEE das áreas agrícolas e pastagens (Gg CO₂)*
Minas Gerais - 2005**

Tipologia da cobertura florestal e uso do solo	Carbono fixado (kt)		Varição de estoque de carbono (kt)	Emissões anuais de CO ₂ (Gg)
	2003	2005	Período 2003 a 2005	
Áreas agrícolas	88.993,8	87.822,9	-1.170,9	4.293,3
Pastagem	125.050,0	126.743,0	1.693,0	-6.207,7
Subtotal	214.043,8	214.565,9	522,1	-1.914,4

Fonte: elaboração própria a partir de dados obtidos do “Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos de Minas Gerais (UFLA 2006) e dados disponibilizados pelo IEF (2008).

Nota: (*) Emissões Líquidas = emissões menos seqüestro.

Pelos resultados, observa-se que a tipologia “pastagem” apresentou emissões negativas (absorção ou seqüestro de carbono) de 6.207,70 Gg CO₂ no período analisado, devendo-se, sobretudo, à expansão de sua área total no Estado (cerca de 338.603 hectares)¹¹. Isto se deve ao fato de, ao não ter sido considerada a conversão de um tipo de uso do solo em outro, foram contabilizadas apenas as emissões/absorções resultantes do incremento da cobertura vegetal concernente a essa tipologia. O saldo entre áreas agrícolas e pastagens no período foi de 1.914 Gg CO₂, referente ao seqüestro de carbono.

As emissões líquidas de GEE de Florestas e Uso do Solo resultam das emissões de CO₂ das áreas agrícolas, pastagens e das tipologias florestais:

$$50.508,6 \text{ Gg CO}_2\text{eq} - 1.914,4 \text{ Gg CO}_2\text{eq} = 48.594,2 \text{ Gg CO}_2\text{eq}$$

¹¹ Segundo dados estimados por SCOT (2006), para o valor de área referente a 2003, e dados apresentados pela SEAPA (2008), para o valor de área referente a 2005.

Os valores calculados por meio das informações disponíveis correspondem a um período de 2 anos. Assim, para o cálculo das emissões de CO₂ relativas ao ano de referência do inventário (2005), estima-se que a metade da diferença de estoque de carbono pode ser atribuída ao ano base de 2005, ou seja, 24.297,1 Gg de CO₂eq.

Resultado referente ao ano de 2005 = **24.297,1 Gg CO₂eq**

6.4 Totalização das emissões de AFOLU

A Tabela 6. 16 mostra a totalização das emissões de GEE do setor de AFOLU.

Observa-se que as emissões da pecuária apresentam os valores mais expressivos no setor de AFOLU, correspondendo a 57,1% das emissões totais, sendo que a fermentação entérica, com 41,2% do total, contribui mais expressivamente do que o manejo de dejetos animais, com 15,9%. A mudança de uso do solo (cobertura vegetal e reflorestamento) é a segunda maior fonte de emissões com 38,4%.

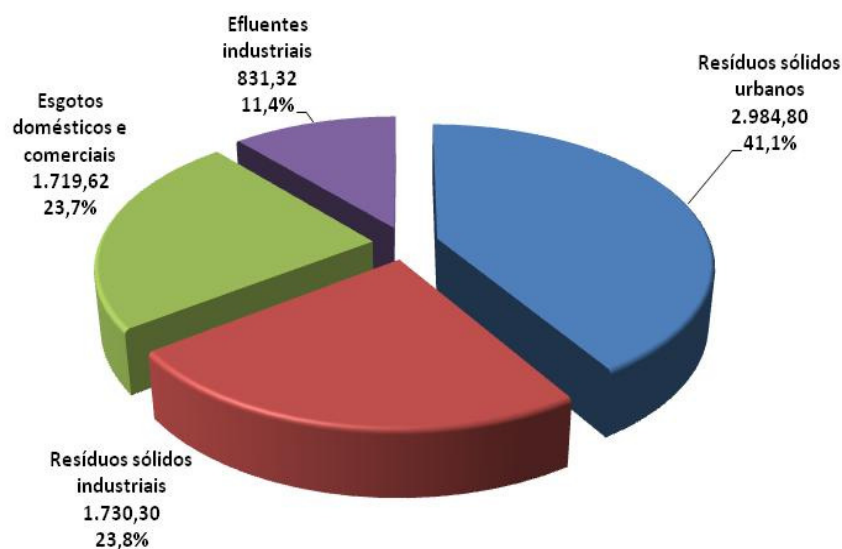
Tabela 6. 16 – Síntese das emissões de AFOLU (Gg CO₂eq) – Minas Gerais - 2005

Cobertura vegetal	Fermentação Entérica	Manejo Dejetos		Cultivo Arroz	Queima Resíduos Agrícolas	Uso de Fert. Nitrog.	Uso de Calcário e Dolomita	Total
		Emissões de CH ₄	Emissões diretas e indiretas de N ₂ O					
Emissões de CO ₂	Emissões de CH ₄	Emissões de CH ₄	Emissões diretas e indiretas de N ₂ O	Emissões de CH ₄	Emissões de CH ₄ e N ₂ O	Emissões diretas e indiretas de N ₂ O	Emissões de CO ₂	
Gg CO₂ eq								
24.297,10	26.048,00	602,00	9.469,00	135,03	0,14	1.726,00	943,80	63.221,07
38,43%	41,2%	15,9%		0,2%	<0,01%	2,7%	1,5%	100%

Fonte: autores

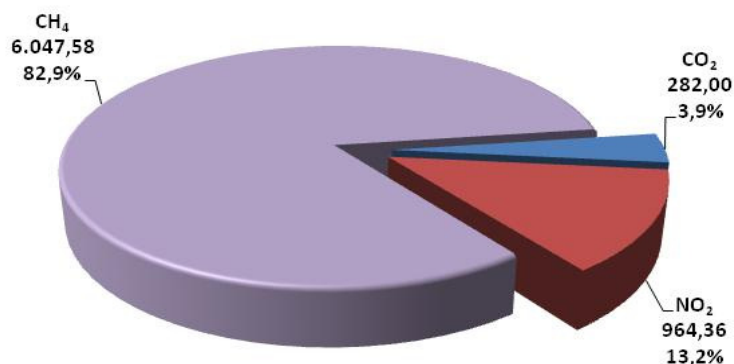
7. EMISSÕES DO SETOR RESÍDUOS

O Setor de Resíduos compreende os subsetores resíduos sólidos urbanos, resíduos sólidos industriais, esgotos domésticos e comerciais e efluentes industriais. As emissões desse setor têm origem no tratamento e disposição final, tanto dos resíduos sólidos, quanto dos efluentes líquidos. Essas emissões alcançaram 7.293,04 Gg CO₂eq, sendo que 65,0% advém dos resíduos e 35,0% dos efluentes. Do total dos resíduos, os sólidos urbanos contribuíram com 62,9% e os industriais com 37,1%. No que se refere aos efluentes, os esgotos domésticos e comerciais participaram com 67,4% do total e os industriais com 32,6%. A Figura 7. 1 mostra essa distribuição setorial dos GEE e a Figura 7. 2 mostra a participação de cada GEE emitido.



Fonte: autores

Figura 7. 1 – Participação dos subsetores de Resíduos nas emissões de GEE (Gg CO₂ eq) Minas Gerais - 2005



Fonte: autores

Figura 7. 2 – Emissões de GEE no setor de Resíduos (Gg CO₂eq) Minas Gerais – 2005

7.1 Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

Os resíduos sólidos urbanos são formados por uma mistura de resíduos de origem domiciliar, de limpeza pública ou provenientes de atividades de comércio e serviços.

Os RSU podem ser dispostos em aterros sanitários, reutilizados, reciclados, incinerados ou mesmo utilizados na geração de energia. As quantidades de CH₄, CO₂ e N₂O emitidas variam em função do volume de lixo produzido, do percentual e características da matéria orgânica que o compõe e das condições anaerobiose ou aerobiose de sua decomposição ou estabilização.

Um aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos pode ser comparado a um grande reator, onde ocorre biodegradação da matéria orgânica existente no lixo em ambiente predominantemente anaeróbio. Dessa biodegradação resulta a geração do biogás de lixo, composto basicamente de CO₂ e CH₄, em quantidades aproximadamente iguais.

O CO₂ produzido na queima de resíduos orgânicos de procedência não fóssil, de origem biogênica, não tem impacto no clima, sendo novamente seqüestrado no ciclo do carbono na atmosfera. Por outro lado, o N₂O é produzido em todas as circunstâncias em que há envolvimento de resíduos e sua importância depende também do tipo de tratamento e das condições quando da geração destes. O tratamento por meio de compostagem pode emitir também metano e óxido nitroso.

As quantidades de lixo produzido no Estado foram estimadas a partir de dados populacionais e da geração per capita média de lixo, associados à composição gravimétrica.

A Tabela 7. 1 mostra a produção de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais, no ano de 2005, bem como a destinação dada aos mesmos.

Tabela 7. 1 – Produção e destino dos resíduos sólidos urbanos – Minas Gerais - 2005

Setor Resíduos Urbanos (RSU) - Minas Gerais – 2005								
Região	População	Produção de RSU	Destino Final (%)					
	(hab)	(kg/dia)	Aterro sanitário	Usina de triagem	Compostagem	Aterro controlado	Lixão	Não categorizado
Central	6.934.529	4.154.205	53,5	1,2	0,3	24,3	13,0	7,7
Sul	2.580.024	1.543.070	3,0	3,7	0,4	38,5	32,2	22,2
Zona da Mata	2.149.241	1.434.572	31,5	3,2	0,7	14,1	29,5	21,1
Rio Doce	1.581.225	948.735	26,8	0,6	0,3	0,9	47,2	24,1
Norte	1.578.856	947.314	0,0	1,0	0,3	6,7	56,5	35,5
Triângulo	1.407.702	872.341	64,9	0,8	0,3	8,0	17,7	8,4
Centro-oeste	1.070.477	630.559	6,0	3,2	0,7	35,2	40,4	14,5
Jequitinhonha	981.686	589.012	0,0	0,5	0,3	2,0	55,6	41,5
Alto Paranaíba	638.918	383.359	0,0	0,3	0,1	38,6	44,8	16,1
Noroeste	353.342	212.005	18,8	5,0	0,4	0,0	50,4	25,3
Total	19.276.000	11.715.170						

Fonte: autores, a partir do IERSI - MG, 2003.

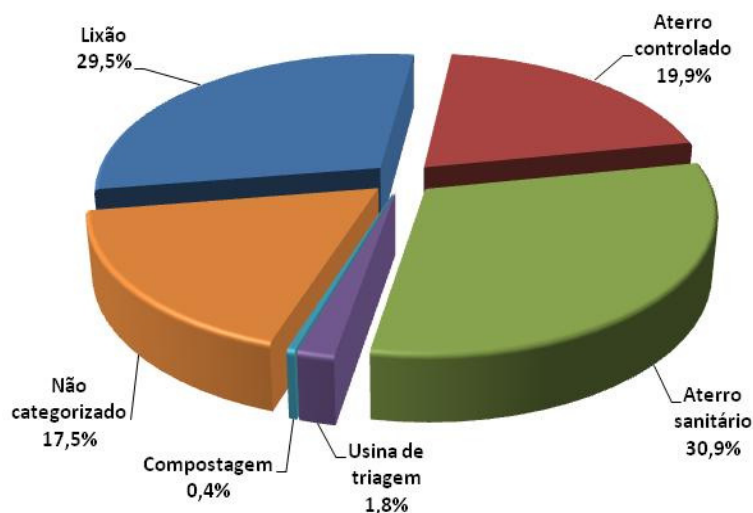
Em 2005, os RSU do Estado foram encaminhados para lixões, aterros controlados, aterros sanitários, usinas de triagem e compostagem e ainda parte não foi coletada, creditando-se a esse montante a disposição em locais não categorizados, conforme mostrado na Tabela 7. 2 e Figura 7. 3 a seguir.

Tabela 7. 2 – Distribuição total dos resíduos sólidos por disposição final

Tratamento final	Lixo (kg)	(%)	Produção per capita	Eficiência de coleta (%)	Nº de municípios atendidos
Lixão	3.459.801,30	29,50	0,60	71,00	564
Aterro Controlado	2.330.159,30	19,90	0,60	85,00	190
Aterro Sanitário	3.618.270,80	30,90	0,63	98,00	28
Usina de Triagem	210.197,40	1,80	0,60	62,60	71
Compostado	43.839,33	0,40	0,61		72 ¹²
Não-coletados	2.052.894,20	17,50	0,61		-
TOTAL	11.715.162,33	100,00	Média adotada = 0,60	-	853

Fonte autores, a partir do IERSI - MG, 2003.

¹² Este número não entra no total de municípios, pois os municípios que realizam compostagem também possuem outra forma de destinação final.



Fonte: autores

Figura 7.3 – Destinação final do lixo em (%) – Minas Gerais - 2005

A Tabela 7.3 apresenta as emissões de RSU contabilizadas no inventário, por região. A Região Central representou 46% das emissões decorrentes da destinação final dos resíduos em Minas Gerais, enquanto a Região da Zona da Mata, segunda colocada, representou apenas 11% do total.

Tabela 7.3 – Emissões de GEE de RSU por região – Minas Gerais - 2005

Região	Emissões de metano (GgCH ₄)	Emissões de óxido nítrico (tN ₂ O)	Emissões totais (GgCO ₂ eq)
Alto Paranaíba	4,00	0,01	84,01
Central	65,02	1,34	1.365,79
Centro Oeste	7,01	0,46	147,27
Jequitinhonha	4,00	0,22	84,13
Noroeste	2,00	0,08	42,05
Norte	7,00	0,30	147,18
Rio Doce	9,00	0,36	189,21
Sul	15,01	0,73	315,43
Triângulo Mineiro	13,00	0,26	273,15
Zona da Mata	16,01	1,03	336,61
TOTAL	142,06	4,79	2.984,80

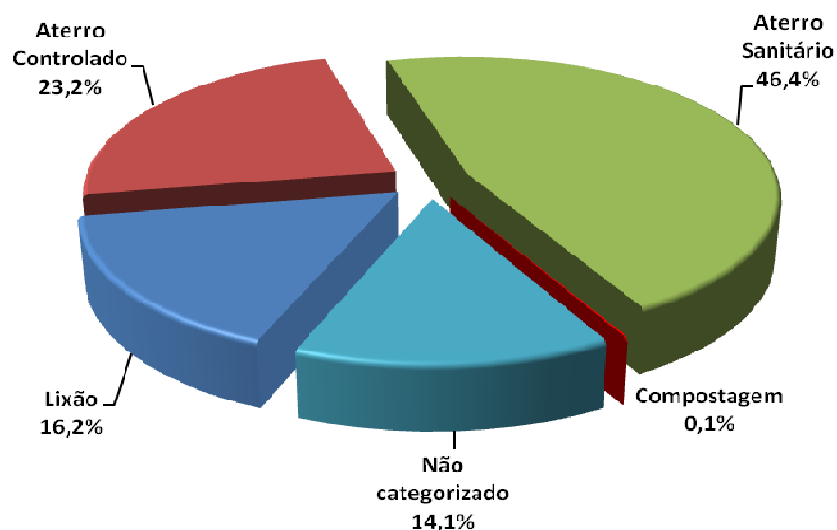
Fonte: autores

A Tabela 7. 4 e Figura 7. 4 mostram, de forma consolidada, as emissões por gás de efeito estufa e tipo de tratamento final.

**Tabela 7. 4 – Emissões de GEE por tipo de tratamento final
Minas Gerais - 2005**

Tratamento	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (t)	CO ₂ eq (Gg)
Lixão	23,00	0	483,00
Aterro Controlado	33,00	0	693,00
Aterro Sanitário	66,00	0	1.386,00
Compostagem	0,06	4,79	2,80
Não categorizado	20,00	0	420,00
TOTAL	142,06	4,79	2.984,83

Fonte: autores



Fonte: autores

Figura 7. 4 – Emissão de CO₂eq por tratamento final de RSU – Minas Gerais - 2005

7.2 Resíduos Sólidos Industriais

Os dados do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais de Minas Gerais – IERSI - MG, 2003 elaborado pela FEAM, mostram que os materiais caracterizados como inertes e não inertes, representaram 17,48% dos resíduos industriais, nos quais estão contidos os restos orgânicos e que são encaminhados para aterros, resultando em 2.791.879,88 t.

A Tabela 7. 5 mostra a distribuição percentual dos resíduos sólidos industriais por tipo de destinação final.

**Tabela 7. 5 – Destinação dos resíduos sólidos industriais
Minas Gerais - 2005**

Tipo de Destinação	%
Sem destino definido ¹³	13,14
Outras formas de disposição em aterros	17,48
Aterro industrial próprio	12,76
Co-processamento em fornos de cimento	22,89
Forno industrial / Incineração (exceto cimento)	1,07
Incorporação em solo agrícola ¹⁴	6,32
Reutilização / reciclagem	21,30
Sucateiros intermediários ¹⁵	3,28
Outras formas de destinação	1,76
Total	100,00

Fonte: autores, a partir do IERSI-MG, 2003

A Tabela 7. 6 mostra as emissões por tipo de gás e por tipo de destinação final dos resíduos sólidos industriais, incluindo incineradores, que totalizam 1.757,30 Gg CO₂eq.

**Tabela 7. 6 – Emissões de GEE dos resíduos sólidos industriais por destinação final
Minas Gerais - 2005**

Fonte	Gg CO₂	Gg CH₄	Gg N₂O	Emissões de Gg CO₂ eq
Lixões		12,0		252,0
Aterros Controlados		16,0		336,0
Aterros Sanitários		31,0		651,0
Não-categorizados		11,0		231,0
Total sem incineração	0,0	70,0	0,00	1.470,0
Incineradores	282,0		0,02	287,3
Total geral	282,0	70,0	0,04	1.757,3

Fonte: autores

As emissões totais de GEE do subsetor Resíduos Sólidos são mostradas Tabela 7. 7.

¹³ Resíduos gerados no período do inventário que não tiveram destino definido até a data de término do período de referência, encontrando-se, portanto, armazenados na área da indústria.

¹⁴ Resíduos pastosos de estações de tratamento de efluentes contendo substâncias não tóxicas, gesso, escória de produção de ferro e aço, e resíduos de sistemas de controle de emissão gasosa com substâncias não tóxicas.

¹⁵ Resíduos não perigosos, escória de produção de ferro e aço, resíduos sólidos compostos de metais não tóxicos, e de sistemas de controle de emissão gasosa com substâncias não tóxicas

**Tabela 7. 7 – Emissões de GEE de resíduos sólidos industriais e urbanos
Minas Gerais - 2005**

Fonte	Emissões de GgCO ₂ eq	%
RSI	1.757,30	37,06
RSU	2.984,83	62,94
Total	4.742,13	100,00

Fonte: autores

7.3 Efluentes Líquidos

As emissões totais dos efluentes líquidos foram de 75,88 Gg de CH₄ e 3,09 Gg de N₂O, registrando uma contribuição total de 2.550,94 Gg CO₂eq. As regiões que mais contribuíram para as emissões relacionadas aos efluentes domésticos e comerciais foram a Central com 22,0%, seguida pela Região do Sul de Minas, com 17,0% e a Zona da Mata com 16,8%. A que menos emitiu foi a Região Noroeste com apenas 1,2%.

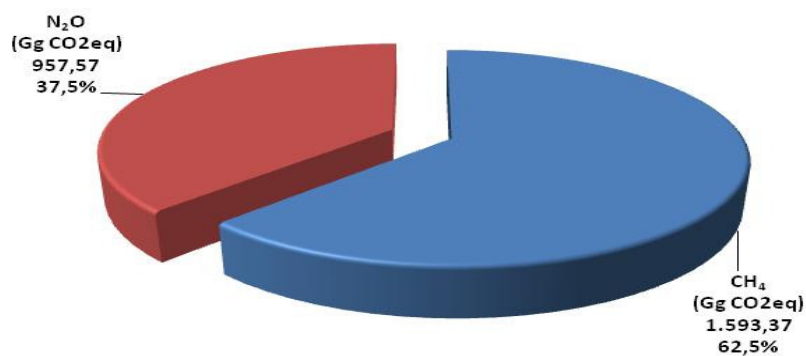
A Tabela 7. 8 apresenta as emissões totais de GEE dos esgotos/efluentes domésticos e comerciais e dos efluentes industriais de Minas Gerais, em 2005.

A Figura 7. 5 apresenta a participação percentual das emissões por subsetor e a contribuição percentual de cada GEE, respectivamente.

**Tabela 7. 8 – Emissões totais de gases de efeito estufa dos efluentes líquidos
Minas Gerais - 2005**

Tipo de efluente	Emissões líquidas de metano (Gg CO ₂ eq)	Emissões de N ₂ O (Gg CO ₂ eq)	Emissão total de GEEs (Gg CO ₂ eq)
Esgotos/efluentes domésticos e comerciais	953,56	766,06	1.719,62
Efluentes Industriais	639,81	191,51	831,32
Emissões totais	1.593,37	957,57	2.550,94

Fonte: autores



Fonte: autores

Figura 7. 5 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos por tipo de gás Minas Gerais - 2005

7.4 Esgotos/Efluentes Domésticos e Comerciais

A Tabela 7. 9 mostra a população atendida por cada forma de disposição de esgoto sanitário.

Tabela 7. 9 – População atendida segundo a forma de disposição de esgoto sanitário Minas Gerais - 2005

Esgotos Domésticos e Comerciais - Minas Gerais – 2005				
População (mil hab.)				
Rede coletora	Tanque séptico	Outro tipo de sistema	Sem esgotamento sanitário	Total
13.912	160	4.565	639	19.276

Fonte: IBGE - projeção censo 2005

Na Tabela 7. 10, tem-se os valores das emissões de metano por região.

Tabela 7. 10 – Emissões líquidas de metano de esgotos/efluentes domésticos e comerciais Minas Gerais - 2005

Região	Emissões líquidas de metano (Gg CH ₄)	Emissões líquidas de metano (Gg CO ₂ eq)
Alto São Francisco	1,76	36,98
Jequitinhonha	0,07	1,46
Leste Mineiro	4,01	84,30
Noroeste	0,05	1,10
Norte de Minas	0,32	6,75
Sul de Minas	5,16	108,26
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	8,14	170,94
Zona da Mata	5,97	125,44
Central	4,25	89,33
<i>Total das ETEs</i>	29,74	624,56
Fossa (total do Estado)	0,22	4,60
In Natura (total do Estado)	15,45	324,40
Total	45,41	953,56

Fonte: autores

A estimativa do nitrogênio total contido nos efluentes foi de 393 mil toneladas.

Na Tabela 7. 11 são mostrados os valores das emissões de N₂O dos efluentes/esgotos domésticos e comerciais.

Tabela 7. 11 – Emissões de óxido nitroso de esgotos/efluentes domésticos e comerciais – Minas Gerais - 2005

Região	Emissões de N ₂ O doméstico (Gg)	Emissões de N ₂ O doméstico (Gg CO ₂ eq)
Alto São Francisco	0,14	43,07
Jequitinhonha	0,11	32,75
Leste Mineiro	0,29	91,17
Noroeste	0,04	13,82
Norte de Minas	0,23	71,95
Sul de Minas	0,41	128,53
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	0,21	64,22
Zona da Mata	0,36	112,41
Central	0,67	208,13
Total	2,47	766,06

Fonte: autores

As emissões totais de GEE dos efluentes líquidos estão apresentadas na Tabela 7. 12.

Tabela 7. 12 – Total de emissões de GEE de esgotos/efluentes domésticos e comerciais Minas Gerais - 2005

Região	Emissões de metano (Gg CO ₂ eq)	Emissões de N ₂ O (Gg CO ₂ eq)	Emissões totais de GEEs (Gg CO ₂ eq)
Alto São Francisco	36,98	43,07	80,05
Jequitinhonha	1,46	32,75	34,21
Leste Mineiro	84,30	91,17	175,47
Noroeste	1,10	13,82	14,92
Norte de Minas	6,75	71,95	78,70
Sul de Minas	108,26	128,53	236,79
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	170,94	64,22	235,16
Zona da Mata	125,44	112,41	237,85
Central	89,33	208,13	297,46
Fossa (total do Estado)	4,60		4,60
In Natura (total do Estado)	324,4		324,4
Total	953,56	766,06	1.719,62

Fonte :elaboração própria

A Tabela 7. 13 e a Figura 7. 6 apresentam as emissões totais de GEE para cada forma de destinação do esgoto/efluente doméstico e comercial produzido em Minas Gerais.

Tabela 7. 13 – Emissões totais de GEE pelas diferentes destinações dos esgotos/efluentes domésticos e comerciais – Minas Gerais - 2005

Destinação	Emissões de metano (Gg CO ₂ eq)	Emissões de N ₂ O (Gg CO ₂ eq)	Emissões totais de GEEs (Gg CO ₂ eq)
ETE	624,56	-	624,56
Fossa	4,60		4,60
In Natura	324,40	766,06	1090,46
Total	953,56	766,06	1.719,62

Fonte: autores. NOTA: caso fossem instalados queimadores as emissões líquidas de metano seriam reduzidas para 506,20 GgCO₂ eq.

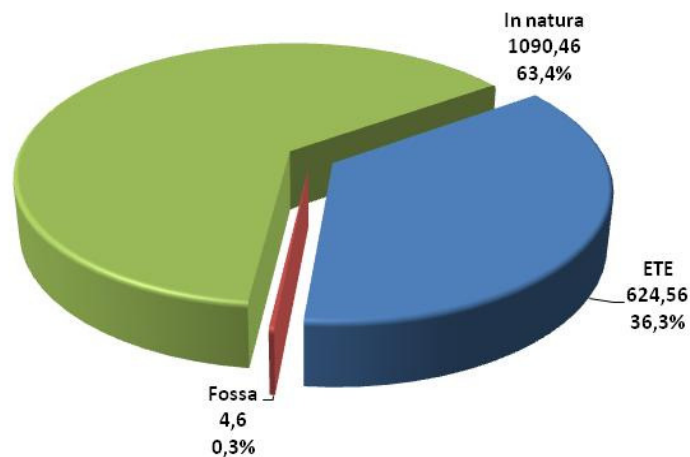


Figura 7. 6 – Emissões de GEE dos efluentes líquidos domésticos e comerciais, por tipo de destinação – Minas Gerais - 2005

7.5 Efluentes Líquidos Industriais

As emissões de metano dos efluentes líquidos industriais encontram-se na Tabela 7. 14.

Tabela 7. 14 – Emissões de metano de efluentes industriais – Minas Gerais - 2005

Emissões de Metano	
(Gg CH ₄)	(Gg CO ₂ eq)
30,47	639,81

Fonte: autores

As emissões de óxido nitroso contido nos efluentes industriais do Estado são mostradas na Tabela 7. 15.

Tabela 7. 15 – Emissões de óxido nitroso de efluentes industriais Minas Gerais – 2005

Região	Emissões de N ₂ O industrial (Gg)	Emissões de N ₂ O total (Gg)	Emissões de N ₂ O industrial (Gg CO ₂ eq)
Alto São Francisco	0,03	0,17	10,77
Jequitinhonha	0,03	0,13	8,19
Leste Mineiro	0,07	0,37	22,79
Noroeste	0,01	0,06	3,45
Norte de Minas	0,06	0,29	17,99
Sul de Minas	0,10	0,52	32,13
Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	0,05	0,26	16,06
Zona da Mata	0,09	0,45	28,10
Central	0,17	0,84	52,03
Total	0,62	3,09	191,51

Fonte: autores

Na Tabela 7. 16 são mostradas as emissões totais de GEE dos efluentes líquidos industriais.

Tabela 7. 16 – Emissões totais de GEE de efluentes líquidos industriais – Minas Gerais - 2005

Efluentes líquidos Industriais	Emissões de CH₄ (Gg CO₂eq)	Emissões de N₂O (Gg CO₂eq)	Emissões totais de GEE (Gg CO₂eq)
	639,81	191,51	831,32

Fonte: autores

7.6 Totalização das Emissões do Setor de Resíduos

O tratamento dos resíduos sólidos e efluentes líquidos em Minas Gerais em 2005 foi responsável pela emissão de 7.293,04 Gg CO₂eq de GEE. É importante notar que existem contribuições diferenciadas dos subsetores de Resíduos. Os resíduos sólidos contribuíram com a maior parte do metano gerado e os efluentes líquidos contribuíram com a maior parcela de óxido nitroso. (Tabela 7. 17)

Tabela 7. 17 – Emissões de GEE do Setor de Resíduos – Minas Gerais - 2005

Total Estado de Minas Gerais	Metano (GgCH₄)	Metano (GgCO₂eq)	Óxido Nitroso (tN₂O)	Óxido Nitroso (GgCO₂eq)	Emissão Total de GEE (GgCO₂eq)
Resíduos Sólidos Urbanos	142,10	2.983,30	4,80	1,50	2.984,80
Resíduos Sólidos Industriais	70,00	1.470,00	17,10	5,30	1.757,30 ¹⁶
Total – Resíduos Sólidos	212,10	4.453,30	21,90	6,80	4.742,10
Esgotos Domésticos e Comerciais	45,41	953,56	2.471,15	766,06	1.719,62
Efluentes Industriais	30,47	639,81	617,78	191,51	831,32
Total – Efluentes Líquidos	75,88	1.593,37	3.088,93	957,57	2.550,94
Total Geral do Setor de Resíduos	287,98	6.046,67	3.110,83	964,37	7.293,04

Fonte: autores, a partir de IPCC (2006), FEAM-MG (2008)

¹⁶ Acrescentam-se as emissões de CO₂, num total de 282,0 Gg da incineração (ver resíduos industriais).

8. BIBLIOGRAFIA

- AMATO, Gilberto W. Casca: Agregando Valor ao Arroz. Disponível em: <http://www.irga.rs.gov.br/arquivos/20050815133443.pdf> (consulta feita em 10/09/2008).
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica, Banco de Informações de Geração, <http://www.aneel.gov.br>
- ANP (2008). Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis 2008. Disponível em : http://www.anp.gov.br/conheca/anuario_2008.asp
- ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE DEFESA DO AMBIENTE (AMDA). Mata Seca está sob ameaça. Ambiente Hoje, v. 120, p. 24, setembro de 2005.
- BARROS, Geraldo S. et al. Agronegócio Mineiro Cresce em 2007. SEAPA, 2008. (Disponível em: http://www.agricultura.mg.gov.br/pib_jan_2008.pdf)
- BDMG – Banco de Desenvolvimento de Minas Gerais, 2002. Minas Gerais do século XXI. Belo Horizonte: Rona Editora.
- BRITO, Alan; MELLO, José Marcio de; CARVALHO, Luis Marcelo de; TONELI, Carlos A. Zangrando; FERREIRA, Maria Zélia & SCOLFORO, José R. Soares. Avaliação da acurácia do “Mapeamento da Flora Nativa e dos Reflorestamentos do Estado de Minas Gerais”. Universidade Federal de Lavras - UFLA/LEMAF. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 1615-1617, INPE. Florianópolis, 21 a 26 abril de 2007.
- CARVALHO, Luis M.T & LOUZADA, Julio Neil. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de Minas Gerais: abordagem metodológica para caracterização do componente flora. Universidade Federal de Lavras - UFLA/LEMAF. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 3789-3796, INPE. Florianópolis, 21 a 26 abril 2007.
- CARVALHO, Luis M.T. Mapping and Monitoring Forest Remnants. A multiscale analysis of spatio-temporal data. Tese de Doutorado em Geociências, Wageningen University, Wageningen, 2001.
- CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos. O Sistema Belo Horizonte. Disponível em: <http://www.cbtu.gov.br/acbtu/companhia/sistemas/bh/bhsist.htm>.
- CEMIG – Companhia de Energia de Minas Gerais, 2006. Balanço Energético do Estado de Minas Gerais 2006 – BEE-MG 2006. Ano base 2005. Belo Horizonte: CEMIG. Disponível em <http://www.cemig.com.br/balancoEnergetico/BEEMG%202006.pdf>
- COURA, Samuel M. da Costa. Mapeamento de vegetação do Estado de Minas Gerais utilizando dados modis. Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2007.
- DEMARCHI, J. A et al. Emissões de Gases de Efeito Estufa e Práticas Mitigadoras em Ecossistemas Agropecuários - Bovinos de Corte. In: http://www.aptaregional.sp.gov.br/artigo.php?id_artigo=287
- DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito, 2005. Frota de Veículos. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/frota.htm>.

- DETRAN - MG, Departamento de Transito de Minas Gerais, 2008. Estatísticas. Disponível em: https://www.detrannet.mg.gov.br/detran/Estatisticas/Frota_Evolucao_H.htm
- DINIZ, Alexandre M. Alves & BATELLA, Wagner B. O Estado de Minas Gerais e suas Regiões: um regate histórico das principais propostas oficiais de regionalização. *Sociedade & Natureza*, 17 (33), p. 59-77, dezembro de 2005.
- EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS (EMATER-MG). Estudo e Perspectiva para a Agropecuária de MG em 2007. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/ciagro/estudo%20e%20perspectivas.pdf>
- FEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO ESTADO DE MINAS GERAIS (FAEMG). Pecuária de Corte – Perfil da Atividade (Assessoria Técnica). Maio de 2007. (Disponível em: <http://www.faemg.org.br/>)
- FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Perfil da Economia Mineira. Disponível em: <http://www.fiemg.org.br/Default.aspx?tabid=5609>>. Acesso em: 17 ago. 2008;
- FERRAZ, João Carlos; KUPFER, David; HAGUENAUER, Lia. Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. Biodiversidade em Minas Gerais. Fundação Vale do Rio Doce, Belo Horizonte, 2004.
- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), PAM 2003, PNAD, etc. IBGE, 2007. (Disponível em <http://www.ibge.gov.br>)
- GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes, 2001. Anuário Estatístico dos Transportes 2001. Disponível em: <http://www.geipot.gov.br/>.
- GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO/SEARJ, COPPE/LIMA, 2007, Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ: Centro de Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas – Secretaria do Ambiente do Estado do RJ, 307 p.;
- IBGE (2007). Pesquisa Nacional por amostra de Domicílios (PNAD). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2007/default.shtm>
- IERSI, 2003, Resultados do Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais do Estado de Minas Gerais – período de maio de 2001 a setembro de 2003. Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM, Belo Horizonte, 89 p;
- IINTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: agriculture, forestry and land use. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme – volume 4. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kayama, 2006.
- IPCC 2006, 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). Published: IGES, Japan.
- LIMA, Magda A. et al. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões de metano da pecuária. MCT, DF, 2006.

- LOUREIRO, S. M., 2005, Índice de Qualidade no Sistema da Gestão Ambiental em Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos - IQS. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;
- MACEDO, I.C., SEABRA, J.E.A., SILVA, J.E.A.R., 2008. Greenhouse gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy*, Vol. 32(4), 2008.
- MARCOLIN, Moacir. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões e remoções de dióxido de carbono por mudanças nos estoques de florestas plantadas. MCT, DF, 2006.
- MARTINS, C. S. Caracterização física e fitogeográfica de Minas Gerais. In: MENDONÇA, M.P & LINS, L.V. Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas de Extinção da Flora de Minas Gerais. Fundação Zôo Botânica de Belo Horizonte, Belo Horizonte, 2000.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: emissões e remoções de dióxido de carbono pelos solos por mudanças de uso da terra e calagem. MCT, DF, 2006.
- NTU – Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano, 2006. Pesquisa: Mobilidade da População Urbana. Brasília: NTU. Disponível em: <http://www.ITRANS.org.br>.
- OLIVEIRA, J.C., ALBUQUERQUE, F.R.P.C., Lins, I.B., 2004, Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 1980-2050. Diretoria de Pesquisas – DPE, Coordenação de População e Indicadores Sociais – COPIS, Rio de Janeiro, agosto, 22p.
- PAIXÃO, Fausto A. et al. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto. *Revista Árvore*. Vol. 30, N. 3, Viçosa, 2006.
- PELT, Plano e Logística de Logística de Transporte. Governo do Estado de Minas Gerais, 2007. <http://www.transportes.mg.gov.br/programas>
- PEREIRA NETO, J.T. & LELIS, M.P.N., 1999, Variação da Composição Gravimétrica e Potencial de Reintegração Ambiental dos Resíduos Sólidos Urbanos por Região Fisiográfica do Estado de Minas Gerais. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, III-012, Rio de Janeiro, RJ, p. 1709-1716.
- Petrobras, documento recebido em resposta à carta enviada solicitando informações sobre emissões fugitivas e bunker
- PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Tabelas de ranking do IDH-M. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/tabelas/index.php>>. Acesso em: 19 ago. 2008;
- RIZZINI, C.T. Tratado de fitogeografia do Brasil. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural, 1997.
- SCOT CONSULTORIA. Áreas de pastagem versus agricultura: o que aconteceu em 2005. Scot Consultoria, Bebedouro, 2006.
- Secretaria de Desenvolvimento de Minas Gerais (SEDE) (2007),
- SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS (SEAPA). PERFIL DO AGRONEGÓCIO MINEIRO 2008. SEAPA, Belo Horizonte, julho de 2008.

- SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO - SNIC. Resumo das atividades do SNIC em 2005 – Relatório Anual. Disponível em: <<http://www.snic.org.br/>>. Acesso em: 17 ago. 2008;
- UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC – CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM (CDM). Disponível em: <<http://cdm.unfccc.int/index.html>>. Acesso em 02/09/2008.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA). Atlas Digital da Flora Nativa e Reflorestamento de Minas Gerais. UFLA / Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) / Instituto Estadual de Florestas (IEF), 2006.
- VIEIRA, S. M. M., & SILVA, J. W. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatórios de Referência - Emissões de Metano no Tratamento e na Disposição de Resíduos. CETESB/MCT. Brasília. 2002.

9. ANEXO – EMPRESAS E ENTIDADES CONSULTADAS

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio
ABPC – Associação Brasileira dos Produtores de Cal
ABRAFE – Associação Brasileira dos Produtores de Ferroligas e de Silício Metálico
ACEMC – Associação dos Ceramistas de Monte Carmelo
ACERVER – Associação das Cerâmicas Vermelhas de Engenheiro Caldas e Região
AMS - Associação Mineira de Silvicultura
CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos /Superintendência de Trens Urbanos de Belo Horizonte
CECRISA – Revestimentos Cerâmicos S.A
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira S.A
Cerâmica Industrial Irmãos Lusvarghi Ltda.
Cerâmica Saffran/Betim
Cerâmica Vila Rica
Ceramus Bahia S/A
EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais
EPAMIG – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
FAEMG – Federação da Agricultura e Pecuária de Minas Gerais
FIEMG – Federação das Indústrias de Minas Gerais
Fiori Cerâmica Artística Ltda.
GASMIG – Companhia de Gás de Minas Gerais
IBS – Instituto Brasileiro de Siderurgia
ICASA – Indústria Cerâmica Andradense S/A
IMA – Instituto Mineiro de Agropecuária
Magnesita - Magnesita Refratários S.A.
PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A.
Rima Industrial S/A
Roca Brasil Ltda.
SAFFRAN LINCO S/A
Saint Gobain do Brasil Industriais e para Construção Ltda.
Sanitex Sanitários Togni

SEAPA – Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

SIAMIG/SINDAÇUCAR – Sindicato da Indústria da Fabricação do Alcool no Estado de Minas Gerais / Sindicato das Indústrias de Açúcar e Alcool de Minas Gerais,

SINCOTAP – Sindicato das Indústrias de Cerâmica e Olaria do Triângulo e Alto Paranaíba

SINDAC – Sindicato das Indústrias de Adubos e Corretivos Agrícolas do Estado de Minas Gerais

SINDICER – Sindicato das Indústrias de Cerâmicas para Construção e Olarias no Estado de Minas Gerais

SNIC – Sindicato Nacional da Indústria do Cimento

Togni Materiais Refratários Ltda.

Votorantim Metais

White Martins

Fundação Estadual do Meio Ambiente - Feam
Rua Espírito Santo, 495 - Centro - Belo Horizonte/MG - CEP: 30160-030
Tel: 3219-5670 / www.feam.br

