



INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA 2019

Inventário corporativo de emissões GEE da CEMIG em
2019

CEMIG
VERSÃO FINAL
ABRIL 2020

CLIENTE



PROJETO

CEMIG20B

ENTREGÁVEL

Inventário corporativo de emissões de GEE da CEMIG em 2019

AUTORES

WAYCARBON

Bruna Dias; bruna.dias@waycarbon.com

Danilo Vassari; danilo.vassari@waycarbon.com

Elisa Morandi, elisa.morandi@waycarbon.com

COLABORADORES

CEMIG

Erika Silveira Torres; estorres@cemig.com.br

HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Nome do documento	Data	Natureza da revisão	Versão de resultados Climats
Relatório_INV CEMIG_2020-02-18	18/02/2020	1ª versão	1ª versão
Relatório_INV CEMIG_2020-03-20	20/03/2020	2ª versão	2ª versão
Relatório_INV CEMIG_2020-03-30	30/03/2020	3ª versão	3ª versão
Relatório_INV CEMIG_2020-04-22	22/04/2020	Versão Final	3ª versão

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Resultados de emissões de GEE por escopo e categoria para 2019 (tCO ₂ e).....	5
Tabela 2. Resultados de emissões de GEE por empresa para 2019 (tCO ₂ e).....	6
Tabela 3. Controle operacional e participação acionária de cada empresa do CEMIG.	13
Tabela 4. Unidades operacionais da CEMIG consideradas no Inventário de 2019.....	14
Tabela 5. PAG dos Gases de Efeito Estufa.....	16
Tabela 6. Descrição dos atributos registrados para o banco de dados de informações de entrada....	19
Tabela 7. Fontes de emissão do inventário de acordo com escopo, categoria e dado controlado	19
Tabela 8. Referências para os fatores de emissão.....	22
Tabela 9. Emissões de GEE dívidas por Escopo e categoria (tCO ₂ e)	24
Tabela 10. Emissões por Escopo e unidade operacional no ano de 2018 (tCO ₂ e).....	25
Tabela 11. Emissões do Escopo 1 dívidas por categoria (tCO ₂ e)	27
Tabela 12. Emissões do Escopo 1 por precursor (tCO ₂ e)	28
Tabela 13. Emissões do Escopo 1 das unidades geradoras (tCO ₂ e).....	29
Tabela 14. Emissões do Escopo 3 divididas por categoria nos últimos 6 anos (tCO ₂ e)	31
Tabela 15. Emissões do Escopo 3 por precursor (tCO ₂ e)	32
Tabela 16. Emissões do Escopo 3 das unidades geradoras (tCO ₂ e).....	33
Tabela 17. Resultados das incertezas do Inventário de 2019.....	35

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma de etapas metodológicas para a realização de inventários.	10
Figura 2. Organograma societário do CEMIG (data base: 31/12/2019).....	12
Figura 3. Emissões de gases de efeito estufa em 2019 por escopo (tCO ₂ e)	23
Figura 4. Emissões de CO ₂ renovável por Escopo (tCO ₂ renovável)	25
Figura 5. Série histórica das emissões da CEMIG (tCO ₂ e).....	26
Figura 6. Emissões do Escopo 1 por empresa (tCO ₂ e)	28
Figura 7. Emissões do Escopo 2 por fonte de emissão (tCO ₂ e).....	30
Figura 8. Emissões de GEE Escopo 2 por empresa (tCO ₂ e)	30
Figura 9. Emissões de GEE Escopo 3 por empresa (tCO ₂ e)	32

SUMÁRIO	5
1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MÉTODO EMPREGADO	9
2.1 PRINCÍPIOS DE CONTABILIZAÇÃO E ELABORAÇÃO DO INVENTÁRIO	9
2.2 ETAPAS DA COMPILAÇÃO DO INVENTÁRIO	10
2.3 DEFINIÇÃO DE ABRANGÊNCIA	10
2.3.1 FRONTEIRAS ORGANIZACIONAIS	10
2.3.2 FRONTEIRAS OPERACIONAIS.....	14
2.3.3 PERÍODO COBERTO	15
2.3.4 ANO BASE.....	15
2.3.5 GASES DE EFEITO ESTUFA	16
2.3.6 EXCLUSÕES DO INVENTÁRIO.....	17
2.4 IDENTIFICAÇÃO OU REVALIDAÇÃO DAS FONTES E SUMIDOUROS	18
2.5 COLETA DE DADOS.....	20
2.6 CÁLCULO DE EMISSÕES.....	21
3. RESULTADOS.....	23
3.1 ESCOPO 1	27
3.2 ESCOPO 2	29
3.3 ESCOPO 3	31
4. ANÁLISE DE INCERTEZAS	34
5. METAS CORPORATIVAS.....	36
6. RECOMENDAÇÕES	37
REFERÊNCIAS.....	39
GLOSSÁRIO.....	40
ANEXO A - TABELAS GHG PROTOCOL	42
ANEXO B – CÁLCULO DAS EMISSÕES E INCERTEZAS.....	45
B.1 CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS EM EQUIPAMENTOS MÓVEIS E ESTACIONÁRIOS.....	45
B.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	46
B.3 CONSUMO DE GASES REFRIGERANTES E ISOLANTES	47
B.4 VIAGENS AÉREAS.....	48
B.5 EMISSÕES AGREGADAS E OUTRAS DE NÃO-CO ₂	49
B.6 EMISSÕES DE RESÍDUOS GERADOS.....	50
B.7 CÁLCULO DAS INCERTEZAS	53
ANEXO C – FATORES DE EMISSÃO DO INVENTÁRIO DE GEE 2019.....	56
ANEXO D – EMISSÕES POR FONTE DE EMISSÃO	59
ANEXO E – CATEGORIAS DO PROGRAMA BRASILEIRO DO GHG PROTOCOL.....	62
ANEXO F – CERTIFICADO.....	64

SUMÁRIO

O tema da economia de baixo carbono é uma questão central para o desenvolvimento sustentável dado os potenciais impactos decorrentes do aquecimento global e das mudanças climáticas. Logo, cada vez mais buscam-se meios de compatibilizar o desenvolvimento econômico e a proteção do sistema climático.

A Companhia Energética de Minas Gerais – CEMIG, empresa fundada em 22 de maio de 1952 do segmento de energia elétrica do Brasil, participando em mais de 170 empresas, além de consórcios e fundos de participação, é reconhecida por sua atuação sustentável, e há 20 anos consecutivos, faz parte do *Dow Jones Sustainability World Index (DJSI World)*.

A gestão de seus impactos sobre o sistema climático global é realizada através do Inventário de gases de efeito estufa (GEE) desde 2014. O presente estudo avaliou as emissões de GEE da CEMIG no ano 2019.

No ano 2019, as emissões diretas da CEMIG (Escopo 1) foram de 51.938,62 tCO₂e, as provenientes do consumo de energia elétrica e de perdas na transmissão e distribuição de energia (Escopo 2) foram de 598.518,28 tCO₂e e as emissões indiretas (Escopo 3) foram de 6.451.461,79 tCO₂e. O detalhamento dessas emissões está apresentado na Tabela 1:

Tabela 1. Resultados de emissões de GEE por escopo e categoria para 2019 (tCO₂e)

Escopo	Categoria	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Escopo 1	Combustão estacionária	37.582,05	72,36%
	Combustão móvel	9.068,00	17,46%
	Fugitivas	5.239,42	10,09%
	Mudança do uso do solo	49,16	0,09%
	Total Escopo 1	51.938,62	-
Escopo 2	Consumo de Eletricidade	3.153,68	0,53%
	Perdas T&D	595.364,60	99,47%
	Total Escopo 2	598.518,28	-
Escopo 3	Bens e Serviços comprados	63,29	0,00%
	Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	215,47	0,00%
	Resíduos gerados nas operações	615,70	0,01%
	Transporte e distribuição (downstream)	22.699,24	0,35%
	Transporte e distribuição (upstream)	790,63	0,01%
	Uso de bens e serviços vendidos	6.426.649,39	99,62%
	Viagens a negócios	428,07	0,01%
	Total Escopo 3	6.451.461,79	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões do Escopo 1 estão principalmente associadas ao consumo de óleo combustível na UTE Igarapé (cerca de 37 mil tCO₂e). Já as emissões de Escopo 2 são advindas das Perdas de Transmissão e Distribuição (T&D) com 99,47% de representatividade. As emissões do Escopo 3 estão predominantemente associadas à categoria de uso de bens e serviços vendidos (99,62%), devido ao grande volume de energia elétrica e gás natural comercializados pela empresa.

A CEMIG GT é principal emissora do de Escopo 1 do grupo CEMIG, já a CEMIG D é responsável por 98% das emissões totais dos Escopo 2. No Escopo 3 a CEMIG GT e GASMIG têm participações semelhantes (entre 34% e 35%), seguidas pela CEMIG D (30%).

As emissões por escopo empresa são apresentadas na Tabela 2:

Tabela 2. Resultados de emissões de GEE por empresa para 2019 (tCO₂e).

Unidade Operacional	Escopo 1 (tCO ₂ e)	Escopo 2 (tCO ₂ e)	Escopo 3 (tCO ₂ e)
CEMIG D	11.457,46	587.856,21	1.949.452,19
CEMIG GT	40.107,30	10.627,96	2.240.377,74
CEMIG SIM	2,27	0,00	3,64
GASMIG	371,58	34,11	2.261.628,21
Total Geral	51.938,62	598.518,28	6.451.461,79

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas decorrentes do aquecimento global e das mudanças climáticas colocam o tema da economia de baixo carbono como uma questão central para o desenvolvimento sustentável. E, portanto, cada vez mais buscam-se meios de compatibilizar o desenvolvimento econômico e a proteção do sistema climático.

O Acordo de Paris, assinado por diversos países em 2015 no evento anual da Convenção Quadro de Mudanças Climáticas das Nações Unidas, tem como objetivo limitar o aquecimento do planeta a 2°C, idealmente 1,5°C. Para isso, todos os níveis do governo, assim como o setor privado, devem assumir compromissos de criar metas ousadas de curto e longo prazo, alinhadas com um futuro de emissões líquidas zero. Para isso, é preciso reduzir ao mais próximo de zero todas as emissões causadas pela atividade humana – como as de veículos e fábricas movidas a combustíveis fósseis, por exemplo.

Neste contexto, torna-se muito relevante quantificar e gerenciar emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no âmbito corporativo a partir de Inventário de Emissões de GEE, um instrumento que possibilita análise do perfil das emissões resultantes das atividades da organização.

Os objetivos para elaboração de um Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa são:

- **Monitoramento de emissões de GEE:** acompanhar e registrar a evolução das emissões ao longo do tempo, o que permite identificar oportunidades de ganhos de eficiência operacional e redução de custos;
- **Benchmarking:** comparar as emissões de cada unidade operacional ou de cada setor de uma organização;
- **Avaliação de riscos e oportunidades:** identificar e mitigar os riscos regulatórios e associados às futuras obrigações em relação à precificação de carbono ou restrições de emissão, bem como avaliar potenciais oportunidades custo-efetivas de reduções de emissão;
- **Estabelecimento de metas:** subsidiar o estabelecimento de metas de redução de emissões de GEE e o planejamento de estratégias de mitigação;
- **Acompanhamento de resultados das ações de mitigação:** quantificar progressos e melhorias decorrentes de iniciativas estratégicas relacionadas à temática das Mudanças Climáticas;

- **Participação em programas de divulgação de pegada climática:** permitir a divulgação de informações sobre o desempenho climático da organização (e.g. GHG Protocol, CDP, ISE, ICO2).

Quando aplicado à cadeia de valor de uma organização, o inventário permite também a avaliação da sustentabilidade climática de processos externos; e.g. produção de matérias primas, utilização e disposição de produtos e logística de distribuição.

Entre os protocolos e normas disponíveis para a compilação de inventários corporativos de GEE, neste estudo foram adotadas as seguintes referências:

- Norma NBR ISO 14064; Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007 (ABNT, 2007);
- Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol; Especificações de Verificação do Programa Brasileiro GHG Protocol; GHG Corporate Protocol - Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP) - Fundação Getúlio Vargas; World Resources Institute (FGV/GVces; WRI, 2011);

Os protocolos listados acima possuem credibilidade internacional. A principal finalidade em adotá-los está em obter um relatório passível de comparação em âmbitos nacional e global.

Vale destacar que este inventário é passível de verificação no âmbito dos protocolos listados acima. O objetivo da verificação deste inventário por uma terceira parte é a obtenção de uma declaração independente sobre a qualidade do inventário e a consistência das informações nele contidas, de modo a assegurar aos seus usuários uma avaliação acurada do padrão de emissões da cadeia de valor da organização.

2. MÉTODO EMPREGADO

O Inventário de emissões de 2019 da CEMIG foi desenvolvido via CLIMAS¹, um software de cálculo desenvolvido pela WayCarbon.

2.1 Princípios de contabilização e elaboração do inventário

Os seguintes princípios orientaram a elaboração deste estudo, conforme as diretrizes do Programa Brasileiro do *GHG Protocol* (FGV/GVces; WRI, 2011):

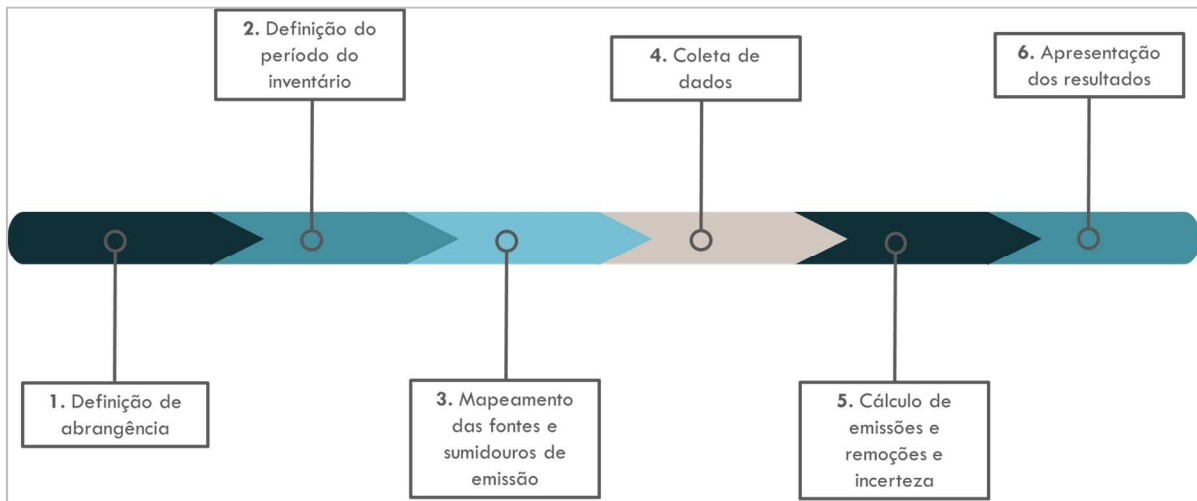
- **Relevância:** Assegurar que o Inventário de GEE reflita apropriadamente as emissões do processo em foco e que atenda às necessidades de tomada de decisão de seus usuários.
- **Integralidade:** Registrar todas as fontes e atividades emissoras de GEE dentro dos limites selecionados do inventário. Documentar e justificar quaisquer exclusões específicas.
- **Consistência:** Utilizar metodologias reconhecidas e consubstanciadas tecnicamente, que permitam comparações das emissões com as de outros processos similares. Documentar claramente quaisquer alterações de dados, limites de inventário, métodos empregados ou quaisquer outros fatores relevantes no dado período de tempo.
- **Transparência:** Tratar todos os assuntos relevantes de forma coerente e factual, alicerçada em evidências objetivas. Revelar quaisquer suposições relevantes, bem como fazer referência apropriada às metodologias de cálculo e de registro e ainda às fontes de dados utilizadas.
- **Exatidão:** Por meio da aplicação de dados apropriados, de fatores de emissão ou estimativas, assegurar que a quantificação de emissões de GEE não esteja subestimada ou superestimada. Reduzir o viés e as incertezas ao mínimo possível e obter um nível de determinação que possibilite segurança nas tomadas de decisões.

¹ CLIMAS é um software de cálculo de inventário de emissões de GEE desenvolvido pela WayCarbon, que possui um banco de dados com os fatores de emissões mais atuais disponíveis para cada tipo de fonte de emissão (por exemplo, Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil e, quando não disponíveis, referências internacionalmente aceitas como GHG Protocol, IPCC, EPA e DEFRA).

2.2 Etapas da compilação do inventário

As etapas conceituais utilizadas para a elaboração deste inventário são apresentadas no fluxograma abaixo e explicadas em seguida (Figura 1):

Figura 1. Fluxograma de etapas metodológicas para a realização de inventários.



Fonte: Elaboração própria WayCarbon

Primeiramente, define-se a abrangência do inventário (Etapa 1), ou seja, é necessário determinar quais instalações e atividades da organização serão contempladas pelo inventário, estabelecendo seu limite organizacional. Em seguida, define-se o período de referência e ano-base do inventário (Etapa 2).

São identificadas as fontes e sumidouros de GEE da organização (Etapa 3) que são, então, categorizadas e hierarquizadas. Em seguida, realiza-se o processo de coleta de dados (Etapa 4). Para a realização do cálculo das emissões (Etapa 5), são utilizados os dados de atividades emissoras coletados, bem como os fatores de emissão (vide adiante). Nesta etapa também são calculadas as incertezas do inventário. Por fim, os resultados são compilados em um relatório anual (Etapa 6).

As Etapas identificadas acima foram aplicadas ao inventário de GEE da CEMIG conforme descrito a seguir.

2.3 Definição de abrangência

2.3.1 Fronteiras organizacionais

Duas abordagens são possíveis para a consolidação das emissões e remoções em nível organizacional. Abaixo, são definidas cada uma dessas abordagens e indicada a opção utilizada neste inventário.

- Participação Acionária: a organização assume as emissões de GEE das operações de acordo com a sua participação societária.
- Controle Operacional: a organização é responsável por 100% das emissões de GEE das operações sobre as quais tem controle operacional.

Em Minas Gerais, a CEMIG atende a 8,5 milhões de consumidores em 774 município. Suas operações incluem geração, transmissão, distribuição de energia elétrica, soluções energéticas, exploração e distribuição de gás natural e em transmissão de dados, conforme mostrado abaixo (CEMIG, 2020).

- **Geração:** Possui uma capacidade instalada de 6.020 MW
- **Transmissão:** Possui uma extensão de 4.930 km de linhas de transmissão
- **Distribuição:** Possui uma extensão de 539.807 km de linhas de distribuição
- **Gás:** Comercialização de 1.129.652.727m³

Ao final de 2019 o Grupo CEMIG detinha participação em 88 usinas, sendo 81 hidrelétricas (39 UHEs² e 35 PCHs³ e 7 CGH⁴), 1 usina solar, 2 parques eólicos (RAS, 2020). Além disso, em 2019, foram desativados a UHE Condonga e a UTE⁵ Igarapé (RAS, 2020).

O organograma societário da CEMIG é apresentado a seguir (Figura 2 e e Tabela 3):

² UHE: Usina Hidroelétrica

³ PCH: Pequena Central Hidroelétrica

⁴ CGH: Central Geradora Hidráulica

⁵ UTE: Usina Termoelétrica

Figura 2. Organograma societário do CEMIG (data base: 31/12/2019)



Fonte: http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/quem_somos/Documents/Organograma-Grupo-Cemig.pdf

Tabela 3. Controle operacional e participação acionária de cada empresa do CEMIG.

Área	Unidades operacionais	Controle operacional	Participação acionária (%)
Geração	CEMIG Geração e Transmissão S.A. (CEMIG GT)	Sim	100%
	CEMIG Geração Camargos S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Itutinga S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Leste S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Oeste S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Salto Grande S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Sul S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração Três Marias S.A.	Sim	100%
	CEMIG PCH S.A.	Sim	100%
	Horizontes Energia S.A.	Sim	100%
	Rosal Energia S.A.	Sim	100%
	Sá Carvalho S.A.	Sim	100%
	Parajuru S.A.	Sim	100%
	Volta do Rio S.A.	Sim	100%
	CEMIG Geração e Distribuição S.A. (CEMIG GD)	Sim	100%
	CEMIG Geração Poço Fundo S.A.	Sim	100%
	Aliança Geração S.A.	Não	45%
	Aliança Norte S.A.	Não	49%
	Amazônia S.A.	Não	74,50%
	Baguari Energia S.A.	Não	69,59%
	Cachoeirão S.A.	Não	49%
	Guanhães S.A.	Não	49%
	Itaocara S.A.	Não	49%
	Lighter S.A.	Não	49%
Madeira S.A.	Não	15,51%	
Pipoca S.A.	Não	49%	
Renova Energia S.A.	Não	36,23%	
Retiro Baixo S.A.	Não	49,90%	
Consórcio Geração	Consórcio CEMIG – CEB S.A.	Não	82,50%
Distribuição	CEMIG Distribuição S.A. (CEMIG D)	Sim	100%
Distribuição de Gás	GASMIG S.A.	Sim	99,57%
Transmissão	TAESA S.A.	Não	21,68%
	Centroeste	Não	51,00%
Comercialização	ESCEE S.A.	Sim	100%
	Trading S.A.	Sim	100%
	CCEI S.A.	Sim	100%
Serviço	Efficientia S.A.	Sim	100%
	Ativas Data Center S.A.	Não	19,60%
	Axxiom S.A.	Não	49%
Subholding	Light S.A.	Não	22,60%

Fonte: Elaboração própria com base no organograma societário da CEMIG

Apesar de terem 100% de participação acionária, as empresas de Comercialização (ESCEE S.A., Trading S.A. e CCEI S.A.) não são contempladas no Inventário, pois não há controle operacional. Já a CEMIG Geração Poço Fundo, que também tem 100% de participação acionária, tem suas emissões contempladas dentro da CEMIG Geração e Transmissão S.A. (CEMIG GT).

A CEMIG SIM corresponde a união das antigas empresa Efficientia (de Serviço) e CEMIG Geração e Distribuição S.A. (CEMIG GD). Finalmente, as unidades Parajuru e Volta do Rio são centrais eólicas localizadas no Ceará e que entraram para o Inventário em 2019. Portanto, no Inventário de GEE 2019 da CEMIG são consideradas as seguintes unidades operacionais (Tabela 4):

Tabela 4. Unidades operacionais da CEMIG consideradas no Inventário de 2019.

Unidades operacionais	Controle operacional	Participação acionária (%)
CEMIG Geração e Transmissão S.A. (CEMIG GT)	Sim	100%
CEMIG Distribuição S.A. (CEMIG D)	Sim	100%
CEMIG SIM S.A.	Sim	100%
GASMIG S.A.	Sim	99,57%
CEMIG Geração Camargos S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Itutinga S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Leste S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Oeste S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Salto Grande S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Sul S.A.	Sim	100%
CEMIG Geração Três Marias S.A.	Sim	100%
CEMIG PCH S.A.	Sim	100%
Horizontes Energia S.A.	Sim	100%
Rosal Energia S.A.	Sim	100%
Sá Carvalho S.A.	Sim	100%
Parajuru S.A.	Sim	100%
Volta do Rio S.A.	Sim	100%

Fonte: Elaboração própria WayCarbon

2.3.2 Fronteiras operacionais

A definição de fronteiras operacionais leva em conta a identificação das fontes e sumidouros de GEE associadas às operações por meio de sua categorização em emissões diretas ou indiretas, utilizando-se o conceito de escopo. Abaixo, são definidas cada uma das três categorias adotadas pelo *GHG Protocol* e indicadas as opções contempladas neste inventário.

- Escopo 1: Emissões diretas de GEE provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização.
- Escopo 2: Emissões indiretas de GEE provenientes da aquisição de energia elétrica que é consumida pela organização.

Escopo 3: Categoria de relato opcional, considera todas as outras emissões indiretas não enquadradas no Escopo 2. São uma consequência das atividades da organização, mas ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas por ela.

2.3.3 Período coberto

O presente inventário abrange as emissões provenientes de atividades realizadas pela CEMIG no ano de 2019 (1 de janeiro de 2019 a 31 de dezembro de 2019).

2.3.4 Ano base

O ano base é o ponto de referência no passado com relação ao qual as emissões atmosféricas atuais podem ser comparadas com consistência.

O recálculo retroativo ao ano base deve ser realizado sempre que houver mudanças que acarretem tanto o aumento como a diminuição das emissões, ou seja, sempre que a alteração comprometer a consistência e a relevância das análises ao longo do tempo. Os seguintes casos podem resultar na necessidade de recálculo das emissões:

- Mudanças estruturais significativas que alterem as fronteiras do inventário: (i) fusões, aquisições e desinvestimentos; (ii) terceirização e incorporação de atividades emissoras; e (iii) mudança da atividade emissora para dentro ou para fora dos limites geográficos do Programa (GHG Protocol Brasil);
- Alterações significativas na metodologia de cálculo, melhoria na exatidão dos fatores de emissão ou dos dados de atividade que resultem em um impacto significativo sobre os dados de emissões ou no ano base;
- Descoberta de erros significativos ou de um determinado número de erros acumulados que resultem em mudanças significativas nos resultados.

No ano de 2014, a unidade UTE Igarapé foi ativada com maior frequência nesse ano e suas emissões operacionais aumentaram. Como essa unidade passou a utilizar um grande volume de queima de óleo combustível, o perfil de emissões do Escopo 1 da empresa foi alterado.

A CEMIG definiu em 2018 duas metas de emissão de tCO₂e. A primeira delas consiste em uma meta absoluta baseada na combinação das emissões de Escopo 1 e 2, enquanto a segunda é uma meta de intensidade para o Escopo 2 baseada nas emissões provenientes das perdas totais na transmissão e distribuição de energia elétrica. Como referência, determinou-se o ano alvo 2022 e ano base 2017 para as emissões totais.

Para o ano de 2020, a empresa apresentará uma proposta de meta baseada em ciência (*Science Based Target – SBT*), se comprometendo a limitar o aquecimento global abaixo de 2°. O ano base será definido de acordo com a projeção de redução estipulada pela metodologia SBT.

2.3.5 Gases de Efeito Estufa

De acordo com o Programa Brasileiro do *GHG Protocol*, os Inventários devem contemplar os 7 tipos de GEE que fazem parte do reporte do Protocolo de Kyoto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrogênio (N₂O), hidrofluorcarbono (HFCs), perfluorcarbono (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF₆), e trifluoreto de nitrogênio (NF₃). Adicionalmente, o Protocolo de Montreal inclui os gases depletadores da camada de ozônio como os hidroclorofluorcarbono (HCFCs), que também contribuem para o aquecimento global.

Cada GEE possui um Potencial de Aquecimento Global (PAG) associado, que é a medida do quanto cada gás contribui para o aquecimento global. O PAG é um valor relativo que compara o potencial de aquecimento de uma determinada quantidade de gás com a mesma quantidade de CO₂ que, por padronização, tem o PAG de valor igual a 1. O PAG é sempre expresso em termos de equivalência de CO₂ - CO₂e. A Tabela 5 abaixo apresenta os valores do PAG utilizados no Inventário da CEMIG:

Tabela 5. PAG dos Gases de Efeito Estufa

Gás	PAG
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	25
Óxido nitroso (N ₂ O)	298
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	22.800
Trifluoreto de nitrogênio (NF ₃)	17.200
PFCs	7.390 - 17.700
HFCs	12 - 14.800
HCFCs	5 - 14.400

Fonte: PBGHGP, 2018.

O Inventário da CEMIG considerou as emissões de CO₂, CH₄, N₂O e SF₆ de acordo com as fontes de emissão mapeadas e a disponibilidade de dados. Adicionalmente, o inventário também computou as emissões de CO₂ de origem renovável⁶.

Os gases CO₂, CH₄, N₂O e SF₆ são gerados na CEMIG das seguintes maneiras:

- CO₂: gerado na queima de combustíveis fósseis (como diesel, gás natural, querosene e gás liquefeito de petróleo) por fontes móveis e estacionárias. Ademais existem emissões de CO₂ relacionadas com o tratamento de resíduos e o uso de fertilizantes agrícolas;
- CH₄: gerado na queima de combustíveis por fontes móveis e estacionárias, emissões fugitivas nas linhas de distribuição de GN e na decomposição de matéria orgânica em processos de tratamento resíduos sólidos;
- N₂O: gerado na queima de combustíveis fósseis (como diesel, gás natural, querosene e gás liquefeito de petróleo) por fontes móveis e estacionárias. Ademais, existem emissões de N₂O relacionadas com o tratamento de resíduos e o uso de fertilizantes agrícolas; e
- SF₆: Escape de gases isolantes.

2.3.6 Exclusões do inventário

As unidades de geração CEMIG PCH, Camargos, Itutinga, Leste, Oeste, Salto Grande, Sul, Três Marias, Horizontes, Rosal, Sá Carvalho, Parajuru e Volta do Rio tem controle apenas de consumos de óleo diesel para geradores (Escopo 1- combustão estacionária), de consumo de combustíveis para frota (Escopo 1 - combustão móvel), de consumo de fertilizantes (Escopo 1 – mudança de uso do solo) e de comercialização de energia elétrica (Escopo 3 – uso de bens e serviços vendidos). Demais dados (deslocamento dos funcionários casa-trabalho, emissões fugitivas, aquisição de energia elétrica, resíduos gerados, transporte e distribuição upstream e viagens a negócios) foram consolidados em CEMIG GT.

⁶ Emissões Renováveis do Inventário de GEE - emissões de CO₂ oriundas da utilização energética de biomassa de origem renovável. Neste estudo foi adotada a definição de biomassa renovável formulada pelo Comitê Executivo do Mecanismo de desenvolvimento Limpo da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (EB 23, Anexo 18). Emissões desta natureza não contribuem para o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera em longo prazo, visto que fazem parte do ciclo natural de carbono.

Além disso, as unidades CEMIG PCH S.A. e Horizontes Energia S.A. não tem controle de informações sobre a frota uma vez que a mesma é terceirizada. Por isso, as emissões indiretas (Escopo 3) associadas aos consumos de combustíveis nesse transporte não foram consideradas. Não há controle também sobre o consumo de combustível para embarcações terceirizadas que são esporadicamente utilizadas nas unidades de Geração.

Quanto ao consumo de GLP em empilhadeiras (Escopo 3 – bens e serviços comprados), assim como o consumo de gasolina, álcool, diesel e GNV em empreiteiras (Escopo 3 – transporte e distribuição downstream), os mesmos são aplicáveis somente à CEMIG D.

As emissões advindas da utilização de CO₂ em extintores (Escopo 1 – emissões fugitivas) não foram contabilizada pela CEMIG D, CEMIG GT e demais unidades de Geração (CEMIG PCH, Camargos, Itutinga, Leste, Oeste, Salto Grande, Sul, Três Marias, Horizontes, Rosal, Sá Carvalho, Parajuru e Volta do Rio) uma vez que tais unidades operacionais não possuem gestão centralizado da manutenção de tais equipamentos. Espera-se que tal controle seja regularizado nos anos seguintes.

Não foram contabilizadas as emissões de resíduos domésticos (Escopo 3 – resíduos gerados) da CEMIG D na Região Metropolitana de Belo Horizonte, mas para os próximos anos esse dado será reportado. Nas demais instalações da CEMIG D o controle sobre tais dados ainda está em desenvolvimento. A partir do Inventário de 2020 também serão incluídos os resíduos domésticos das unidades de Geração (CEMIG PCH, Camargos, Itutinga, Leste, Oeste, Salto Grande, Sul, Três Marias, Horizontes, Rosal, Sá Carvalho, Parajuru e Volta do Rio).

Finalmente, não foram contabilizadas as remoções de CO₂ através do plantio e recomposição florestal realizadas em determinadas unidades. Espera-se que esse controle seja feito a partir do ano seguinte.

2.4 Identificação ou revalidação das fontes e sumidouros

As fontes de emissão foram identificadas e hierarquizadas dentro da estrutura organizacional da companhia. Dentro do sistema CLIMAS, desenvolvido pela WayCarbon, foi realizado um mapeamento das fontes de emissão da empresa e cada uma foi classificada segundo os atributos descritos a seguir (Tabela 6):

Tabela 6. Descrição dos atributos registrados para o banco de dados de informações de entrada.

Atributo	Descrição
Unidade Operacional	Indica a unidade operacional a que a fonte ou sumidouro pertence
Processo	Indica o processo a que a fonte ou sumidouro pertence
Atividade	Indica a atividade que a fonte ou sumidouro desempenha
Item supervisionado	Campo onde são registrados maiores detalhes para identificação da fonte de emissão
Precursor	Substância que dará origem às emissões de GEE
Tecnologia	Tecnologia associada ao precursor que origina as emissões de GEE
Parâmetro operacional	Descrição do dado de entrada
Unidade de medida	Unidade de medida do dado de entrada consolidado
Responsável	Colaborador da organização responsável pela coleta do dado.
Origem dado*	Local, registro, referência ou sistema de onde o dado é obtido
Escopo	Escopo da fonte de emissão, de acordo com a classificação do <i>GHG Protocol</i>
Categoria	Categoria da fonte de emissão, de acordo com a classificação do <i>GHG Protocol</i>

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climax.

As fontes de emissão contempladas no inventário, de acordo com a hierarquização e organização estruturada no CLIMAS, estão apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Fontes de emissão do inventário de acordo com escopo, categoria e dado controlado

Escopo	Categoria	Dado controlado
Escopo 1	Combustão estacionária	Consumo de GN em fontes estacionárias
		Consumo de Óleo Combustível em fontes estacionárias
		Consumo de Óleo Diesel nos geradores
	Combustão móvel	Consumo de Diesel em Embarcações
		Consumo de Gasolina em Embarcações
		Consumo de Querosene de Aviação
		Consumo de Álcool - Frota Própria
		Consumo de Diesel - Frota Própria
		Consumo de Gasolina - Frota Própria
		Consumo de GNV - Frota Própria
	Fugitivas	Uso de Isolantes - Escape de SF6
		Consumo de CO2 em extintores
		Perdas de Gás Natural na distribuição
Mudança do uso do solo	Consumo de Calcário	
	Perdas de Nitrogênio em Fertilizantes	
Escopo 2	Aquisição de Energia elétrica	Perdas do sistema de T&D
		Consumo de energia elétrica
	Cat 1. Bens e serviços comprados	Consumo de GLP em empilhadeiras
	Cat 4. Transporte e distribuição (<i>upstream</i>)	Consumo de Diesel em Caminhões Terceirizados (Baú, Truck e Carreta)
		Distância percorrida para o transporte de combustível até a unidade operacional

Escopo	Categoria	Dado controlado
Escopo 3	Cat 5. Resíduos gerados nas operações	Massa de resíduo enviado para o aterro
		Massa de resíduo enviado para a incineração
		Massa de resíduo enviado para o coprocessamento
	Cat 6. Viagens a negócios	Viagens áreas
	Cat 7. Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	Consumo de combustível para deslocamento de funcionários
Escopo 3	Cat 9. Transporte e distribuição (downstream)	Consumo de Álcool das empreiteiras
		Consumo de Diesel das empreiteiras
		Consumo de Gasolina das empreiteiras
		Consumo de GNV das empreiteiras
	Cat 11. Uso de bens e serviços vendidos	Comercialização de Energia Elétrica e GN

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

Conforme observado na Tabela 7, os processos definidos no CLIMAS para o inventário da CEMIG podem ser correlacionados com a categorização definida pelo Programa Brasileiro do *GHG Protocol*⁷ (PBGHGP). As categorias do PBGHGP podem ser verificadas no Anexo E – Categorias do Programa Brasileiro do GHG Protocol.

2.5 Coleta de dados

O fluxo de informações para o desenvolvimento do inventário ocorreu com a seguinte sequência de atividades:

1. Os gestores corporativos identificaram os colaboradores que gerenciam as informações necessárias para a construção do inventário de GEE;
2. Colaboradores que monitoram as operações verificaram a melhor forma de obter os dados dos sistemas de gestão da empresa (registros existentes no sistema ERP da CEMIG, registro em sistemas operacionais e de controle, notas fiscais ou contratos);
3. As informações coletadas são consolidadas pelos pontos focais e, por fim, são enviadas para WayCarbon.

⁷ As definição das categorias foram retiradas dos documentos emitidos pela FGV EAESP: Nota Técnica :Classificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 1 nas respectivas categorias de fontes de emissão – versão 1.0 (Disponível em http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg-protocol_notatecnica_categorias-escopo-1_v1.pdf) e Categorias de Emissões de Escopo 3 Adotadas pelo Programa Brasileiro GHG Protocol (Disponível em http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg_categorias_e3_definicoes_curta.pdf).

A WayCarbon desenvolveu uma planilha de coleta de dados específica para cada um dos pontos focais. Os pontos focais da CEMIG coletaram os dados ao longo do ano e reportaram os dados consolidados para WayCarbon. A equipe técnica da WayCarbon recebeu, realizou a análise crítica dos dados, compilou e inseriu os dados operacionais no sistema CLIMAS.

2.6 Cálculo de emissões

O Inventário de emissões de GEE da CEMIG foi elaborado via CLIMAS, um software de cálculo desenvolvido pela WayCarbon, que possui um banco de dados com os fatores de emissão mais atuais disponíveis para cada tipo de fonte (por exemplo, Programa Brasileiro GHG Protocol para o Brasil e, quando não disponíveis, referências internacionalmente aceitas como GHG Protocol, IPCC, EPA e DEFRA⁸).

Genericamente, as emissões e remoções de GEE são calculadas para cada fonte e sumidouro individualmente segundo a fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = DA_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Onde:

- ***i*** Índice que denota uma atividade da fonte ou sumidouro individual;
- ***g*** Índice que denota um tipo de GEE;
- ***y*** Ano de referência do relatório.
- **$E_{i,g,y}$** Emissões ou remoções do GEE *g* atribuíveis à fonte ou sumidouro *i* durante o ano *y*, em tCO₂e;
- **$DA_{i,y}$** Dado de atividade consolidado referente à fonte ou sumidouro *i* para o ano *y*, na unidade *u*. Como ressaltado anteriormente, o dado de atividade consolidado consistirá de todos os atributos registrados de cada fonte/sumidouro.
- **$FE_{i,g,y}$** Fator de emissão ou remoção do GEE *g* aplicável à fonte ou sumidouro *i* no ano *y*, em t GEE *g*/*u*;
- **PAG_g** Potencial de aquecimento global do GEE *g*, em tCO₂e/tGEE*g*;

⁸ IPCC: Inter Intergovernmental Panel on Climate Change; EPA: Environmental Protection Agency; DEFRA: Department for Environment, Food and Rural Affairs

A escolha do método de cálculo apropriado decorreu da disponibilidade de dados e de fatores de emissão específicos, das tecnologias de combustão utilizadas no processo, propriedades físico química dos materiais e dados operacionais de performance.

A equipe técnica da WayCarbon é responsável por atualizar periodicamente o CLIMAS com os fatores de emissão de acordo com metodologias consagradas internacionalmente para confecção de inventários de GEE. Os fatores de emissão são baseados, principalmente, nas seguintes referências (Tabela 8):

Tabela 8. Referências para os fatores de emissão.

Referência	Descrição	Link
IPCC 2006	IPCC <i>Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme</i> , Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). <i>Published: IGES, Japan.</i>	http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/
PBGHGP 2020	Programa Brasileiro GHG Protocol, Ferramenta de Cálculo, versão 2020.1.	http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo
BEN 2019	Balanco Energético Nacional 2019: Ano base 2018 / Empresa de Pesquisa Energética. - Rio de Janeiro: EPE, 2019.	http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019
MCTIC 2020	MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES (MCTIC).	https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/texto geral/emissao_corporativos.html

Fonte: Elaboração própria

Os métodos de cálculo e equações específicas para cada tipo de fonte de emissão presente no inventário de emissões da CEMIG 2019 são apresentados em detalhes no Anexo B – Cálculo das Emissões e Incertezas.

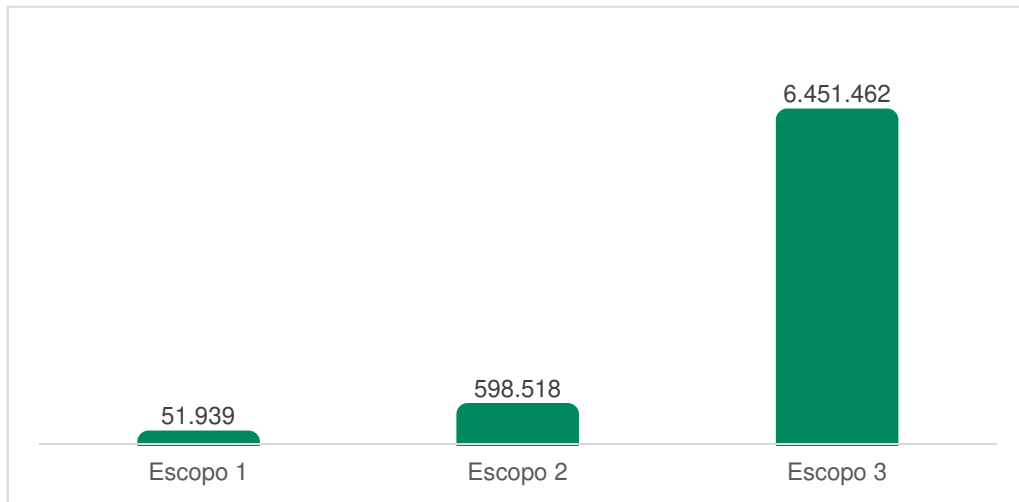
Os fatores de emissão utilizados no inventário e o memorial de cálculo⁹ estão disponíveis no sistema CLIMAS, em planilhas Excel® e também no ANEXO C – Fatores de Emissão.

⁹ O memorial de cálculo e os fatores de emissão do Inventário podem ser acessados via CLIMAS, seguindo-se os seguintes passos: a) acessar o Climas; b) clicar em *Emissões de GEE* no canto esquerdo da tela; c) clicar em *Auditoria – Extrato de Fatores de Emissão*; d) escolher o inventário do ano de 2018 e clicar em *Obter Extrato*; e) na última tabela *Fatores de emissão*, procure a fonte de emissão que deseja consultar no campo busca e clique nos botões do lado direito com o símbolo de um olho; f) clique no botão do campo *Memorial de cálculo*.

3. RESULTADOS

As emissões¹⁰ dos Escopo 1, 2 e 3 da CEMIG para o ano de 2019 foram, respectivamente, 51.939 tCO₂e, 598.518 tCO₂e e 6.451.462 tCO₂e. Ademais foram emitidas 7.024 tCO₂ de origem renovável¹¹ (1.677 tCO₂ renovável para escopo 1, e 5.347 tCO₂ renovável para escopo 3). As emissões da CEMIG dos Escopo 1, 2 e 3 para o ano de 2019 estão apresentadas na Figura 3:

Figura 3. Emissões de gases de efeito estufa em 2019 por escopo (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A Tabela 9 apresenta os resultados de emissões de GEE divididas por Escopo e categoria. No Escopo 1, a categoria que possui maior representatividade é Combustão Estacionária, com 72,36% das emissões desse escopo (37.582,05 tCO₂e). Já nas emissões do Escopo 2, a maior contribuição é das Perdas de T&D (595.364,60 tCO₂e), sendo responsável por 99,47%. As emissões de Escopo 3 totalizaram 6.451.461,79tCO₂e, em que a categoria de Uso de Bens Vendidos representou 99,62% de toda emissão de GEE.

¹⁰ Emissões de GEE regulados pelo Protocolo de Kyoto (dióxido de carbono - CO₂, metano - CH₄, óxido nitroso - N₂O e SF₆).

¹¹ Emissões de CO₂ oriundas da utilização energética de biomassa de origem renovável. Neste estudo foi adotada a definição de biomassa renovável formulada pelo Comitê Executivo do Mecanismo de desenvolvimento Limpo da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças Climáticas (EB 23, Annex 18). Emissões desta natureza não contribuem para o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera em longo prazo.

Tabela 9. Emissões de GEE dívidas por Escopo e categoria (tCO₂e)

Escopo	Categoria	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Escopo 1	Combustão estacionária	37.582,05	72,36%
	Combustão móvel	9.068,00	17,46%
	Fugitivas	5.239,42	10,09%
	Mudança do uso do solo	49,16	0,09%
	Total Escopo 1	51.938,62	-
Escopo 2	Consumo de Eletricidade	3.153,68	0,53%
	Perdas T&D	595.364,60	99,47%
	Total Escopo 2	598.518,28	-
Escopo 3	Bens e Serviços comprados	63,29	0,00%
	Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	215,47	0,00%
	Resíduos gerados nas operações	615,70	0,01%
	Transporte e distribuição (downstream)	22.699,24	0,35%
	Transporte e distribuição (upstream)	790,63	0,01%
	Uso de bens e serviços vendidos	6.426.649,39	99,62%
	Viagens a negócios	428,07	0,01%
	Total Escopo 3	6.451.461,79	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões por Escopo, unidade operacional e a sua representatividade são aprestadas na Tabela 10. Para emissões de Escopo 1, a CEMIG GT se apresentou como a empresa de maior emissão, com 77,22% de representatividade desse Escopo. As emissões do Escopo 1 da CEMIG GT estão, principalmente, associadas ao consumo de óleo combustível utilizado na UTE Igarapé (emitindo 37.210,91 tCO₂e).

As emissões do Escopo 2 da CEMIG D foram dominantes frente às demais unidades operacionais, com 98,22% de participação nesse escopo. As emissões do Escopo 2 são, principalmente, associadas às Perdas de Transmissão e Distribuição (perdas técnicas e não técnicas),

A participação das unidades CEMIG D, CEMIG GT e GASMIG no Escopo 3 foram semelhantes, sendo respectivamente, 30,22% e 34,73% e 35,06%. As emissões do Escopo 3 estão associadas principalmente a comercialização de energia e gás natural.

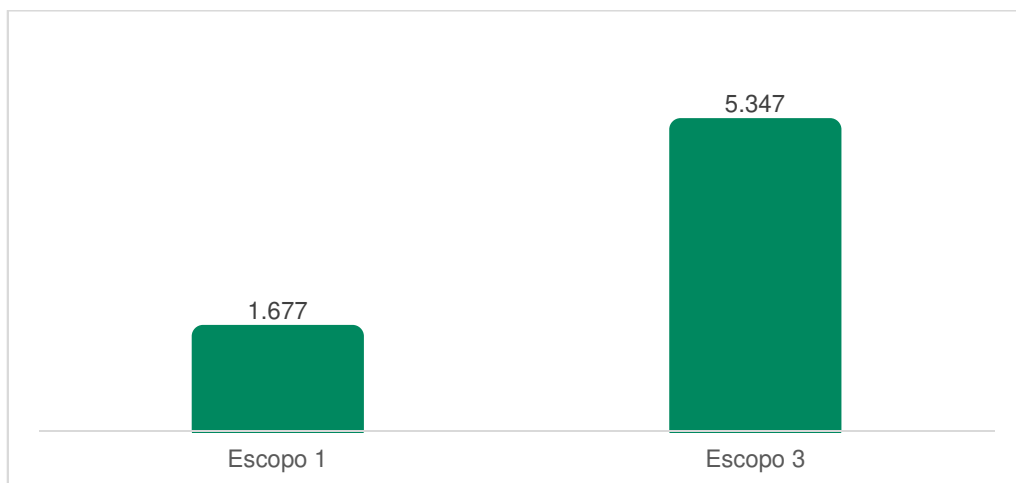
Tabela 10. Emissões por Escopo e unidade operacional no ano de 2018 (tCO₂e)

Unidade Operacional	Escopo 1 (tCO ₂ e)	Participação no Escopo 1 (%)	Escopo 2 (tCO ₂ e)	Participação no Escopo 2 (%)	Escopo 3 (tCO ₂ e)	Participação no Escopo 3 (%)
CEMIG D	11.457,46	22,06%	587.856,21	98,22%	1.949.452,19	30,22%
CEMIG GT	40.107,30	77,22%	10.627,96	1,78%	2.240.377,74	34,73%
CEMIG SIM	2,27	0,00%	0,00	0,00%	3,64	0,00%
GASMIG	371,58	0,72%	34,11	0,01%	2.261.628,21	35,06%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

Na queima de combustíveis renováveis, como o etanol ou biodiesel, o CO₂ emitido tem origem renovável (isto é, em algum momento do seu ciclo de vida o CO₂ foi capturado por uma biomassa). As emissões desse gás totalizaram 1.677 tCO₂ renovável e 5.347 tCO₂ renovável para os Escopos 1 e 3 respectivamente, como apresentado na Figura 4.

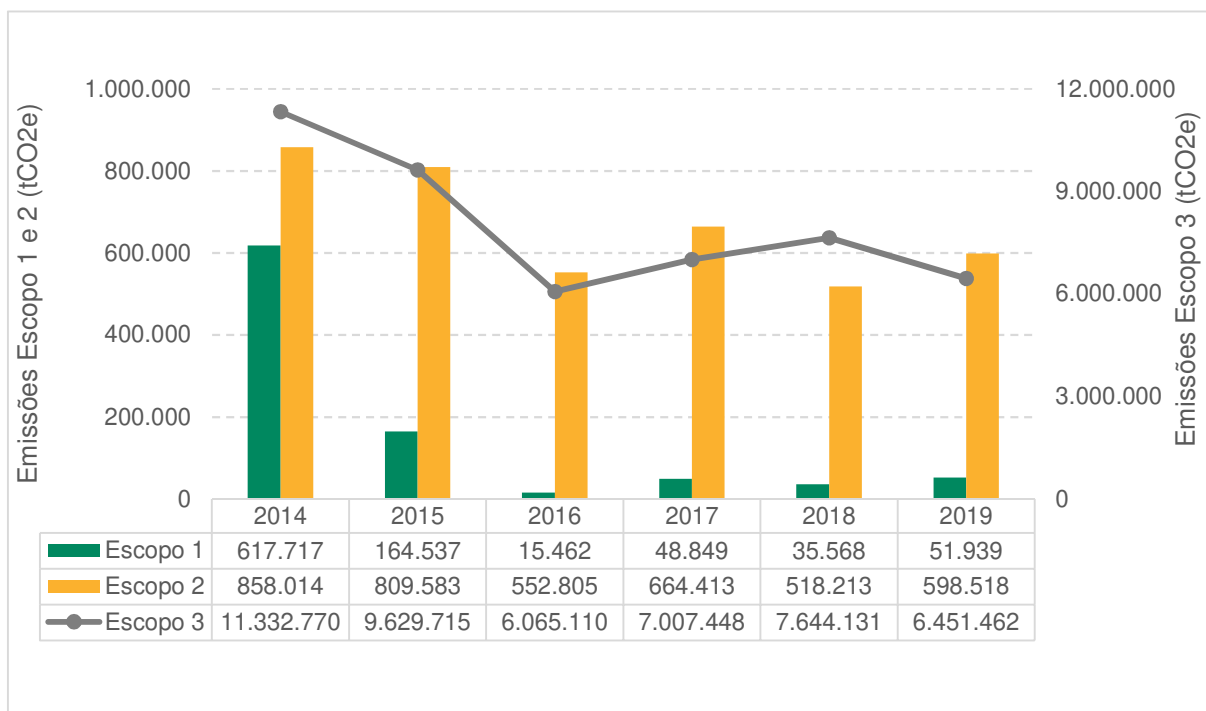
Figura 4. Emissões de CO₂ renovável por Escopo (tCO₂ renovável)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

Apesar da CEMIG contabilizar suas emissões desde o ano de 2008, o ano de 2014 foi aquele de pior cenário de emissões da empresa. Dessa forma, a série histórica apresentada neste relatório se inicia no ano de 2014. As emissões dos Escopos 1, 2 e 3 para os anos de 2014 a 2019 são apresentadas na Figura 5.

Figura 5. Série histórica das emissões da CEMIG (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

Em 2019, as emissões dos Escopos 1, 2 e 3 reduziram, respectivamente, 91,59%, 30,24% e 43,07% em relação a 2014. Quando comparadas com o ano anterior, de 2018, observa-se um aumento das emissões dos Escopos 1 e 2 de, respectivamente, 46,02%, e 15,50%, além de uma redução de 15,60% nas emissões do Escopo 3.

O aumento nas emissões do Escopo 1 está associado principalmente ao aumento das emissões da UTE Igarapé (aproximadamente 16.000 tCO₂e), além da entrada das novas unidades de geração no inventário em 2019. Já a variação no Escopo 2 se deve diretamente ao aumento nas Perdas de T&D (aumento de aproximadamente 80.000 tCO₂e). Enquanto isso, a redução no Escopo 3 está associada ao uso de bens e serviços vendidos (comercialização de energia e de gás natural, com redução de aproximadamente 1.350 tCO₂e).

As emissões para cada uma das fontes de emissão do inventário são apresentados no ANEXO D – Emissões por fonte de emissão.

3.1 ESCOPO 1

As emissões de Escopo 1 da CEMIG no ano de 2019 totalizaram 51.938,62 tCO₂e, representando um aumento de 46,02% em relação ao ano anterior (2018 = 35.568 tCO₂e) e uma redução de 91,59% em relação ao ano de 2014 (617.717 tCO₂e). As emissões do Escopo 1 por categoria e participação são apresentados na Tabela 11:

Tabela 11. Emissões do Escopo 1 divididas por categoria (tCO₂e)

Escopo	Categoria	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Escopo 1	Combustão estacionária	37.582,05	72,36%
	Combustão móvel	9.068,00	17,46%
	Fugitivas	5.239,42	10,09%
	Mudança do uso do solo	49,16	0,09%
	Total Escopo 1	51.938,62	-

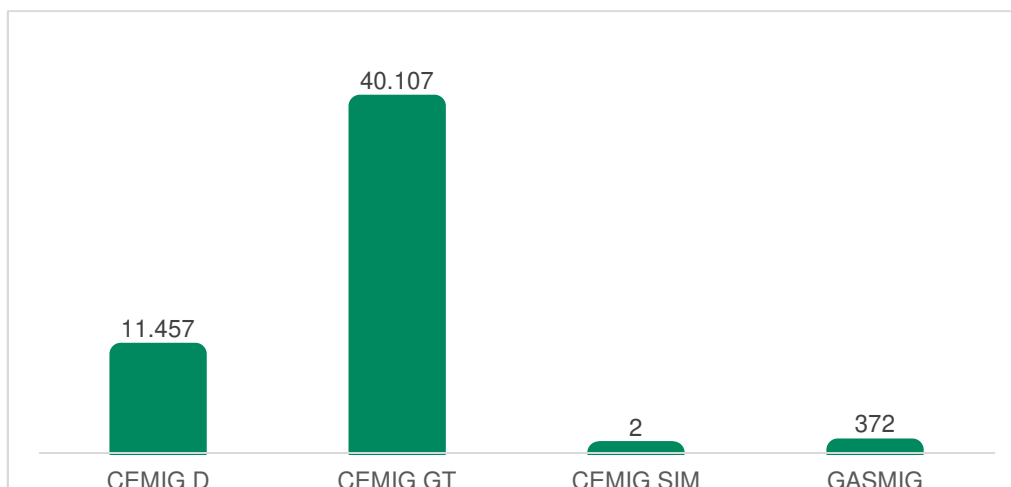
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões de Combustão estacionária apresentaram a maior contribuição frente às demais categorias do Escopo 1 com emissão de 37.582,05 tCO₂e. Dentro dessa categoria, o consumo de óleo combustível na UTE Igarapé é responsável por 37.210,91 tCO₂e. Em relação à 2018, essa categoria apresentou um aumento de 75% nas emissões. Isso aconteceu para consumir todo o óleo combustível em estoque na Usina, visto que a mesma encerrou suas operações no ano de 2019.

As emissões de Combustão móvel apresentaram uma emissão 9.068,00 tCO₂e no Escopo 1, associadas principalmente ao consumo de diesel na frota (8.026 tCO₂e). As emissões da categoria Fugitivas correspondem a 5.239,42 tCO₂e, sendo principalmente derivadas do escape de SF₆ (4.958 tCO₂e).

Já as emissões de Mudança de uso do solo apresentam a menor representatividade do Escopo 1, com apenas 49,16 tCO₂e. O gráfico abaixo mostra as emissões de GEE de 2019 do CEMIG por empresa (Figura 6):

Figura 6. Emissões do Escopo 1 por empresa (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões do Escopo 1 estão principalmente associadas à unidade da CEMIG GT (com 77,22% das emissões) que utiliza óleo combustível para gerar energia na UTE Igarapé. A unidade CEMIG D fica em segundo lugar nas emissões do Escopo 1 (com 22,06% das emissões) devido ao consumo de diesel em frota própria e ao escape de SF₆.

Abaixo são apresentadas as emissões por precursor (Tabela 12), onde é possível verificar que o óleo combustível (71,64%), o diesel (14,70%) e o SF₆ (9,55%) são os principais precursores responsáveis pelas de emissões de Escopo 1 da CEMIG.

Tabela 12. Emissões do Escopo 1 por precursor (tCO₂e)

Precursor	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Calcário dolomítico	9,00	0,02%
CH ₄	280,85	0,54%
CO ₂	0,02	0,00%
Diesel	7.635,80	14,70%
Etanol hidratado	5,37	0,01%
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	0,80	0,00%
Gás natural	12,50	0,02%
Gás natural veicular (GNV)	80,70	0,16%
Gasolina	1.294,81	2,49%
Nitrogênio em fertilizantes	40,17	0,08%
Óleo combustível	37.210,91	71,64%
Querosene de aviação	409,17	0,79%
SF ₆	4.958,54	9,55%
Total Escopo 1	51.938,62	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A tabela 13 apresenta as emissões de Escopo 1 para todas as unidades geradoras contempladas no inventário de 2019. As unidades Camargos, Itutinga, Leste, Oeste, Salto Grande, Sul, Três Marias, Sá Carvalho, Parajuru e Volta do Rio tem emissões das categorias Combustão estacionária (consumo de diesel para geradores) e Combustão móvel (consumo de combustíveis para frota). Além dessas, Rosal também tem emissões de Mudança de uso do solo (uso de calcário e nitrogênio em fertilizantes). Já as unidades CEMIG PCH e Horizontes só tem emissões de Combustão estacionária. A unidade CEMIG GT corresponde a 99,55% das emissões de Escopo 1 das unidades geradoras, uma vez que apresenta outras categorias.

Tabela 13. Emissões do Escopo 1 das unidades geradoras (tCO₂e)

Unidade Operacional	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
CEMIG GT	39.928,55	99,55%
Camargos	11,81	0,03%
CEMIG PCH	0,48	0,00%
Horizontes	0,05	0,00%
Itutinga	11,61	0,03%
Leste	11,87	0,03%
Oeste	9,90	0,02%
Parajuru - Eólica	26,11	0,07%
Rosal	23,35	0,06%
Sá Carvalho	2,56	0,01%
Salto Grande	14,12	0,04%
Sul	17,72	0,04%
Três Marias	8,58	0,02%
Volta do Rio - Eólica	40,60	0,10%
Total - CEMIG Geração	40.107,30	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

Com exceção da CEMIG GT, as unidades de eólicas Volta do Rio e Parajuru são aquelas que apresentam maiores valores de emissão (40,60 tCO₂e e 26,11 tCO₂e, respectivamente), seguidas pela unidade de Rosal (23,35 tCO₂e). As emissões de Volta do Rio e Parajuru esto principalmente associadas à combustão móvel, enquanto Rosal em destacam-se as emissões de consumo de nitrogênio em fertilizantes.

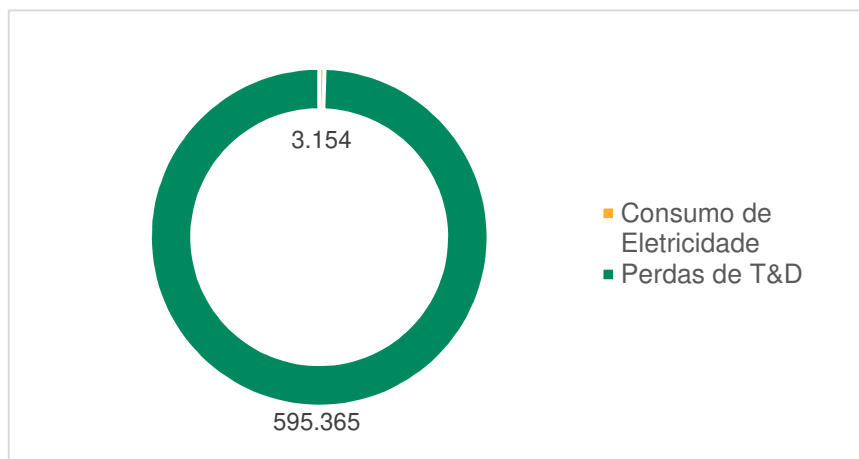
3.2 ESCOPO 2

As emissões de Escopo 2 do CEMIG no ano de 2019 totalizaram 598.518,28 tCO₂e, representando uma aumento de 15,50% em relação ao ano anterior (em 2018, 518.212 tCO₂e) e uma redução de 30,24% em relação ao ano de 2014 (858.014 tCO₂e).

Em termos de Perdas de Transmissão e Distribuição (que corresponde a 99,47% das emissões do Escopo 2), houve um aumento de aproximadamente 15,56% de 2019 em relação ao ano anterior, principalmente devido ao refinamento dos dados com maior precisão mensal. Houve também um aumento de 1,35% no fator de emissão médio do grid em relação ao ano anterior (0,0740 tCO₂e/MWh em 2018 vs 0,0750 tCO₂e/MWh em 2019).

As emissões de Perdas de T&D e do consumo de energia elétrica são apresentadas na Figura 7.

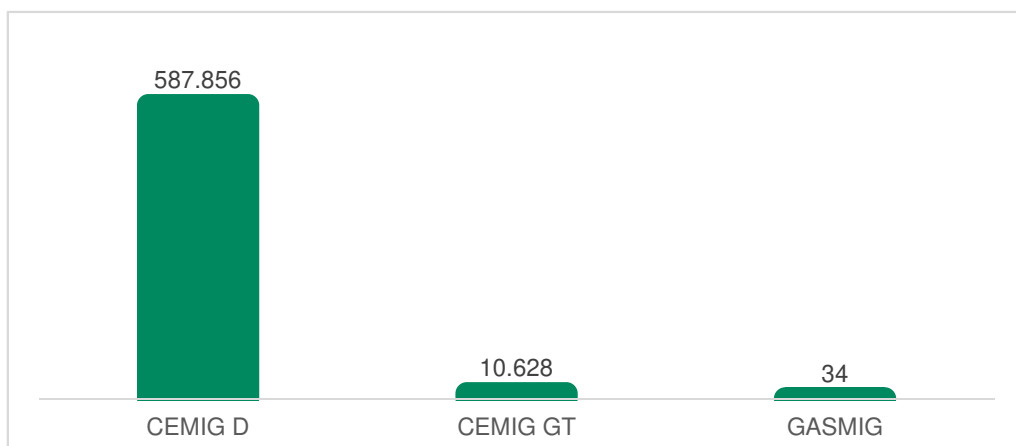
Figura 7. Emissões do Escopo 2 por fonte de emissão (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões do Escopo 2 por unidade operacional são apresentadas na Figura 8. É possível verificar que a CEMIG D, por se tratar de uma empresa de distribuição de energia, possui emissões significativamente maiores do que as demais unidades (98,22% do total emitido no Escopo 2).

Figura 8. Emissões de GEE Escopo 2 por empresa (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

3.3 ESCOPO 3

As emissões de Escopo 3 da CEMIG no ano de 2019 totalizaram 6.451.462 tCO₂e, representando uma redução de 15,60% em relação ao ano anterior (em 2018, 7.644.131tCO₂e) e uma redução de 43,07% em relação ao ano de 2014 (11.332.770 tCO₂e). A Tabela 14 apresenta as emissões de GEE divididas por categoria e fonte dos últimos 6 anos:

Tabela 14. Emissões do Escopo 3 divididas por categoria nos últimos 6 anos (tCO₂e)

Categoria	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Representati vidade (%)
Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	586	600	591	494	112	215	0,00%
Resíduos gerados nas operações	-	-	-	-	338	616	0,01%
Transporte e distribuição (downstream)	5.729	12.851	13.241	19.871	13.700	22.699	0,35%
Transporte e distribuição (upstream)	817	373	548	575	673	791	0,01%
Uso de bens e serviços vendidos	11.324.277	9.614.752	6.049.885	6.985.687	7.628.548	6.426.649	99,62%
Viagens a negócios	1.361	1.138	846	822	689	428	0,01%
Bens e Serviços comprados	-	-	-	-	71	63	0,00%
Total Geral	11.332.770	9.629.714	6.065.111	7.007.449	7.644.131	6.451.462	-

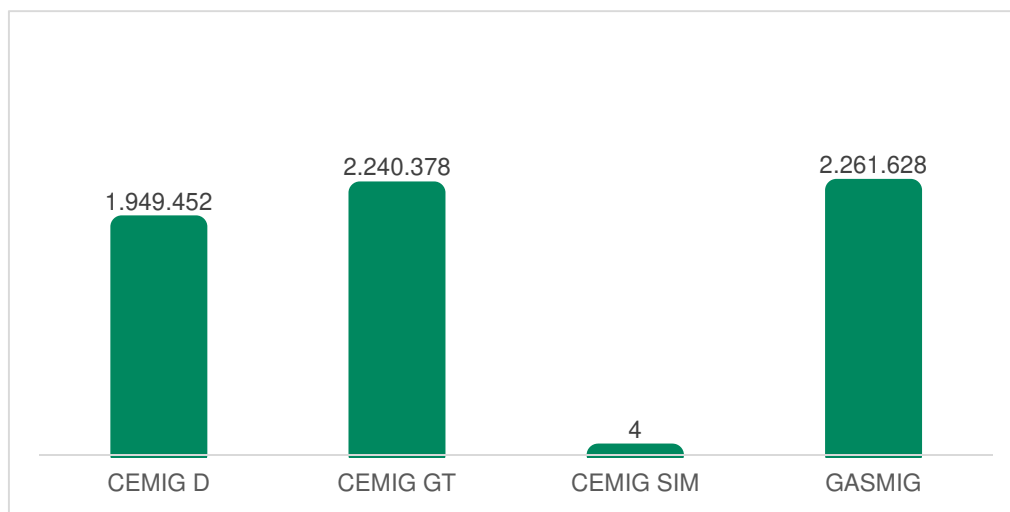
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

As emissões do Escopo 3 estão associadas, principalmente, à comercialização de energia e gás natural, categorizada como Uso de bens e serviços vendidos. As emissões dessa categoria compõem quase que a totalidade das emissões do Escopo 3, representando 99,62% do total.

A categoria Transporte e distribuição (downstream) conta com dados de consumo de combustível (álcool, gasolina e diesel) utilizados por empreiteiras a serviço da CEMIG D. No Inventário de 2019, 15 empreiteiras (75% dos contratos vigentes) contribuíram com esses dados voluntariamente.

As unidades CEMIG D, CEMIG GT e GASMIG são responsáveis, respectivamente, por 30,22%, 34,73% e 35,06% das emissões do Escopo 3. Já a CEMIG SIM tem uma participação irrelevante quando comparada às demais. A Figura 9 apresenta a distribuição de emissões do Escopo 3 por empresa.

Figura 9. Emissões de GEE Escopo 3 por empresa (tCO₂e)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A Tabela 15 apresenta os precursores responsáveis pelas de emissões de Escopo 3 da CEMIG. Verifica-se que a Eletricidade (64,56%), o Gás Natural (33,73%) e o Gás Natural Veicular (1,32%) são os principais precursores do Escopo 3.

Tabela 15. Emissões do Escopo 3 por precursor (tCO₂e)

Unidade Operacional	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
Diesel / Brasil	18.724,01	0,29%
Eletricidade / Brasil	4.165.042,75	64,56%
Etanol hidratado	20,58	0,00%
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	63,29	0,00%
Gás natural	2.176.346,22	33,73%
Gás natural veicular (GNV)	85.260,42	1,32%
Gasolina / Brasil	4.960,75	0,08%
Querosene de aviação	428,07	0,01%
Resíduos industriais / Construção e demolição	4,16	0,00%
Resíduos industriais / Produtos de petróleo, solventes, plásticos	570,29	0,01%
Lodo de estações de tratamento de efluentes / Industrial	7,85	0,00%
Resíduos sólidos urbanos / Madeira	33,40	0,00%
Total Escopo 3	6.451.461,79	

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A Tabela 16 apresenta as emissões de Escopo 3 para todas as unidades geradoras contempladas no inventário de 2019. Todas as unidades (Camargos, CEMIG PCH, Horizontes, Itutinga, Leste, Oeste, Parajuru, Rosal, Sá Carvalho, Salto Grande, Sul, Três Marias e Volta do Rio) tem emissões da categoria de uso de bens e serviços vendidos (comercialização de energia elétrica).

Tabela 16. Emissões do Escopo 3 das unidades geradoras (tCO₂e)

Unidade Operacional	Emissões (tCO ₂ e)	Representatividade (%)
CEMIG GT	2.090.436	93,31%
Camargos	3.804	0,17%
CEMIG PCH	10.119	0,45%
Horizontes	7.106	0,32%
Itutinga	3.097	0,14%
Leste	3.737	0,17%
Oeste	2.102	0,09%
Parajuru - Eólica	6.180	0,28%
Rosal	18.537	0,83%
Sá Carvalho	35.466	1,58%
Salto Grande	13.498	0,60%
Sul	3.482	0,16%
Três Marias	35.771	1,60%
Volta do Rio - Eólica	7.042	0,31%
Total - CEMIG Geração	2.240.378	-

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climas.

A unidade CEMIG GT corresponde a 93,31% das emissões de Escopo 3 das unidades geradoras, uma vez que contempla outras categorias além do uso de bens e serviços vendidos. Com exceção da CEMIG GT, as unidades de Três Marias, Sá Carvalho e Rosal são aquelas que apresentam as maiores emissões, com representatividade de 1,60%, 1,58% e 0,83% respectivamente.

4. ANÁLISE DE INCERTEZAS

A elaboração de um inventário de emissões envolve o uso de diversas ferramentas de cálculo que utilizam previsões, parâmetros e fatores de emissão padrão. O uso dessas ferramentas acarreta certos níveis de incertezas nos cálculos do inventário.

Para minimizar tais incertezas foram usados, sempre que possível, valores baseados em fontes oficiais, como as próprias metodologias consultadas ou padrões de mercado, sempre levando em consideração os princípios de conservadorismo, exatidão e transparência.

Além disso, todas as fontes dos parâmetros utilizados foram arquivadas para posterior análise e verificação por parte de uma Entidade Externa. Nessa seção, uma avaliação qualitativa das principais incertezas identificadas é apresentada, além de uma mensuração quantitativa da incerteza presente no cálculo das emissões de cada instalação da empresa.

As incertezas associadas aos inventários podem ser classificadas segundo dois critérios:

- **incerteza científica:** ciência da emissão real e/ou processo de remoção não foi perfeitamente compreendido. Cita-se como exemplo o envolvimento significativo da incerteza científica no uso de fatores diretos e indiretos associados ao aquecimento global para a estimativa das emissões de vários GEE. A maioria dos fatores abordados neste trabalho é do IPCC.
- **incerteza estimativa:** incerteza que surge sempre que as emissões de GEE são quantificadas. Essas ainda são classificadas em incerteza modelo, quando está associada às equações matemáticas utilizadas para caracterizar as relações entre vários parâmetros e processos de emissão; e incertezas dos parâmetros introduzidos em modelos de estimativa usados como dados de entrada nos modelos estimados.

De acordo com as recomendações do IPCC *Good Practice Guidance*, os inventários não devem revelar emissões com vieses que poderiam ser identificados e eliminados, e as incertezas devem ser minimizadas considerando todo o conhecimento científico existente e os recursos disponíveis.

Essas recomendações foram seguidas em todas as etapas da construção do inventário, uma vez que houve uma grande preocupação em utilizar as metodologias de cálculos e fatores de emissão mais recentes disponibilizados pelas organizações com grande credibilidade referente ao cálculo de emissões. Em relação aos dados utilizados, houve atenção especial à conformidade desses com a realidade (verificação dos registros na empresa e análise dos dados recebidos), e a busca pelos dados nas unidades de medida que reduzissem as incertezas associadas às emissões.

Os procedimentos utilizados para o cálculo das incertezas são apresentados no ANEXO B – Cálculo das Emissões e Incertezas. Para o inventário de GEE do CEMIG de 2019 as incertezas também foram calculadas utilizando-se o CLIMAS. Os resultados são apresentados abaixo (Tabela 17) onde:

- **incerteza menor:** Limite inferior do intervalo de confiança de 95%, em%;
- **incerteza maior:** Limite superior do intervalo de confiança de 95%, em%;

Tabela 17. Resultados das incertezas do Inventário de 2019.

Categoria	Incerteza menor	Incerteza maior
Aquisição de energia elétrica	0,00%	0,00%
Bens e Serviços comprados	1,59%	3,03%
Combustão estacionária	1,93%	2,51%
Combustão móvel	0,66%	0,58%
Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	0,72%	0,82%
Fugitivas	0,00%	0,00%
Mudança do uso do solo	10,28%	26,12%
Resíduos gerados nas operações	1,47%	1,54%
Transporte e distribuição (downstream)	0,84%	0,77%
Transporte e distribuição (upstream)	1,10%	0,87%
Uso de bens e serviços vendidos	0,44%	0,69%
Viagens a negócios	0,00%	0,00%
Totais	0,40%	0,62%

Fonte: Elaboração própria com base nos dados do software Climias.

5. METAS CORPORATIVAS

Ciente do compromisso na mitigação de suas emissões de gases que contribuem para a mudança climática global, a CEMIG definiu em 2018 duas metas de emissão de tCO₂e. A primeira consiste em uma meta absoluta baseada na combinação das emissões do escopo 1 e 2, enquanto a segunda é uma meta de intensidade para o escopo 2 baseada nas emissões provenientes das perdas totais na transmissão e distribuição de energia elétrica.

Como referência, determinou-se o ano alvo 2022 e ano base 2017 para as emissões totais. Para as emissões do escopo 1 adotamos o seguinte critério: manter o percentual de emissão de SF₆ de no máximo 0,66% (emissão de SF₆ (kg)/ quantidade total instalada (kg)); ter o fator de emissão da UTE Igarapé no máximo de 0,88 t CO₂e/MWh (fator de 2017) e reduzir 10% das emissões de fontes móveis em relação ao valor de 2017. De acordo com a metodologia proposta a meta projetada para 2019 do escopo 1 foi de 56.663 tCO₂e, portanto as emissões reais ficaram 9,09% abaixo da meta projetada, devido principalmente a melhor eficiência da UTE Igarapé com fator de emissão de 0,82 tCO₂e/MWh e também o fator de emissão de SF₆ que ficou em 0,48%.

Em relação as emissões do escopo 2 foi definido o seguinte critério: manter em 156.773 GJ o consumo de energia elétrica (valor de 2017) e ter 11,23% de perdas totais em 2022.

Em 2019, as emissões diretas da CEMIG totalizaram 51.939 tCO₂e, o que representa 6,33% de aumento em relação às emissões diretas de 2017, ano base da meta. Entre 2011 e 2019, o consumo de energia elétrica foi reduzido em 10,65%, passando de 168.740 GJ em 2011 para 150.766 GJ em 2019. Em relação ao ano base (2017) houve uma redução de 3,83 %

A apuração do Indicador de Perdas Totais na Distribuição (IPTD) em 2019 foi de 12,89% em relação à energia total injetada no sistema de distribuição. Esse resultado está acima da meta (11,51% em 2019). Além disso, o resultado de 2019 representa um pequeno aumento em relação à 2018, quando o IPTD foi de 12,48%.

6. RECOMENDAÇÕES

Para as empresas se adaptarem à economia de baixo carbono, deve ser desenvolvido um ciclo virtuoso de análise e melhorias dos processos. Esse conjunto de atividades, quando detalhado e organizado, compõem o plano corporativo para gestão das emissões de GEE.

O caminho inicia-se com o diagnóstico da situação atual, ao reunir o conhecimento técnico sobre a temática de mitigação da Mudança do Clima e a sua aplicação à organização. Uma vez mapeados os impactos da organização na Mudança do Clima e seus riscos e oportunidades para o negócio, é possível avaliar alternativas de processo e selecionar projetos que reduzam a intensidade em carbono (emissões de GEE por produção). Em sequência, deve ser estruturado um processo para acompanhamento contínuo do desempenho climático da organização, de forma a verificar o impacto dos projetos implantados e, com base nos resultados, atualizar o diagnóstico.

O inventário de GEE é a primeira etapa do diagnóstico e deve ser continuamente aprimorado. As recomendações de melhoria para a CEMIG são:

- Expansão das fontes de emissão monitoradas, calculando as emissões de outras categorias de Escopo 3, como o tratamento de efluentes, resíduos domésticos ou gases de refrigeração;
- Estruturação de um fluxo de informações mensal e acompanhamento do impacto em Mudança do Clima mês a mês como forma de gestão ambiental;
- Gestão sobre as evidências primárias, acompanho elas em algum sistema ou SharePoint.

Além do inventário, há outros tipos de estudos para diagnóstico da situação da empresa frente à economia de baixo carbono, como:

- o cálculo de indicadores de impacto por produto ou serviço oferecido, possibilitando a comparação com empresas de diversos portes e avaliação da eficiência da gestão climática;
- a identificação de riscos e oportunidades em cenários regulatórios, com mecanismos de precificação de carbono, por exemplo.

O passo seguinte é o planejamento e ação no tema de Mudança do Clima. Isso inclui:

- Benchmarking setorial;
- Definição da estratégia de mitigação;

- Definição da estratégia de adaptação;
- Definição da estratégia de neutralização.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR ISO 14064-1. Gases de efeito estufa - Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

CEMIG, 2020. "Quem Somos". Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/a_cemig/quem_somos/Paginas/default.aspx

FGV/GVCS; WRI. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa, 2011. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/cms/arquivos/ghgespec.pdf>>

FGV EAESP. Nota Técnica :Classificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE) de Escopo 1 nas respectivas categorias de fontes de emissão – versão 1.0. Disponível em <http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg-protocol_nota-tecnica_categorias-escopo-1_-v1.pdf>

FGV EAESP. Categorias de Emissões de Escopo 3 Adotadas pelo Programa Brasileiro Ghg Protocol Disponível em <http://mediadrawer.gvces.com.br/ghg/original/ghg_categorias_e3_definicoes_curta.pdf>

IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, 2006.

UKDEFRA. Greenhouse gas conversion factors for company reporting: 2012 guidelines. United Kingdom Department of Environment, Food and Rural Affairs, 2012.

DIAS, A.C; ARROJA, L. 2012. *Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint e case study of office paper*. Universidade de Aveiro, Portugal *Journal of Cleaner Production de 2012*.

GLOSSÁRIO

Ano-base: período histórico especificado para o propósito das comparações das remoções e emissões de GEE, além de outras informações relacionadas.

Dióxido de carbono equivalente (CO₂e): unidade para comparação da força radiativa (potencial de aquecimento global) de um dado GEE à do CO₂.

Emissões de GEE: massa total de um GEE liberado para a atmosfera em um período específico de tempo.

Emissões diretas de GEE: emissões de GEE por fontes pertencentes ou controladas pela organização. Para estabelecer as fronteiras operacionais da organização são empregados os conceitos de controle financeiro e controle operacional.

Emissões indiretas de GEE relacionadas ao consumo de energia: emissões de GEE a partir da geração da energia elétrica, calor ou vapor, importada/consumida pela organização.

Escopo: o conceito de 'escopo' (*scope*) foi introduzido pelo GHG Protocol com a finalidade de auxiliar as empresas na definição de seus limites operacionais. Os Escopos são diferenciados em 3 categorias, separadas em emissões diretas e emissões indiretas.

Escopo 1: Abrange a categoria das emissões diretas de GEE da organização, ou seja, que se originam em fontes que pertencem ou são controladas pela empresa dentro dos limites definidos. Como exemplo, pode-se citar as emissões da queima de combustíveis fósseis e de processos de fabricação.

Escopo 2: Abrange a categoria das emissões indiretas de GEE relacionadas à aquisição externa de energia. Exemplo disso é o consumo de energia elétrica gerada pelas concessionárias fornecedoras do Sistema Interligado Nacional (SIN) e energia térmica adquirida.

Escopo 3: Abrange a categoria das emissões indiretas de GEE por outras fontes, ou seja, emissões que ocorrem em função das atividades da organização mas que são originados em fontes não pertencentes ou não controladas pela mesma. Alguns exemplos de fontes de Escopo 3 são: transportes de produtos em veículos que não pertencem à empresa, utilização de veículos de terceiros, transporte de funcionários e viagens de negócios.

Fator de emissão ou Fator de remoção de GEE: fator que relaciona dados de atividade a emissões e remoções de GEE.

Fonte de GEE: unidade física ou processo que libera GEE para a atmosfera.

Gás de Efeito Estufa (GEE): constituinte atmosférico, de origem natural ou antropogênica, que absorve e emite radiação em comprimentos de onda específicos dentro do espectro de radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, pela atmosfera e pelas nuvens. Entre os GEE, pode-se citar o Dióxido de Carbono (CO₂), o Metano (CH₄), o Óxido Nitroso (N₂O), os Hidrofluorocarbonos (HFC), os Perfluorocarbonos (PFC) e o Hexafluoreto de Enxofre (SF₆).

Inventário de emissões de GEE: documento no qual encontram-se detalhadas as fontes e sumidouros de GEE e encontram-se quantificadas as emissões e remoções de GEE durante um dado período.

Offset: créditos de compensação de emissões de GEE.

Organização: companhia, corporação, empreendimento, autoridade, instituição - ou parte ou combinação de -, seja incorporado ou não, público ou privado, que possui suas próprias funções e administração.

Outras emissões indiretas de GEE: emissões de GEE diferentes daquelas emissões indiretas relacionadas ao consumo de energia. São consequência das atividades da organização, mas são oriundas de fontes cuja propriedade ou controle são realizados por outras organizações.

Potencial de aquecimento global: fator que descreve o impacto da força radiativa de uma unidade de massa de um dado GEE, em relação a uma unidade de massa de dióxido de carbono (CO₂) em um dado período de tempo.

Remoções de GEE: massa total de um GEE removido da atmosfera em um período específico de tempo.

Reservatório de GEE: unidade física ou componente da biosfera, da geosfera ou da hidrosfera com capacidade de armazenar ou acumular GEE removidos da atmosfera por um sumidouro ou GEE capturados de uma fonte. A massa total de carbono contida em um reservatório de GEE em um período específico de tempo pode ser referida como o estoque de carbono do reservatório. Um reservatório de GEE pode transferir seus gases para outro reservatório de GEE. A coleta de um GEE de uma fonte antes que esse GEE entre na atmosfera e o seu armazenamento em um reservatório pode ser referido como captura e armazenamento de GEE.

Sumidouro de GEE: unidade física ou processo que remove GEE da atmosfera.

ANEXO A - TABELAS GHG PROTOCOL

Como o reporte das unidades internacionais para o GHG protocol é opcional, tais emissões são separadas das emissões que ocorrem no Brasil. Com isso, os resultados apresentados nesta seção são distintos dos demais apresentados no corpo do relatório. O intuito desta seção é facilitar que a CEMIG reporte os seus dados no registro público de emissões.

Tabela 1A. Resumo das emissões totais em toneladas de gás (tGEE)

	Escopo	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Totais
Família de gás					
CH4		13.979132		331.546158	345.525290
CO2		46,340.253274	598,518.281463	6,440,259.459504	7,085,117.994241
N2O		0.974308		9.777443	10.751751
SF6		0.217480			0.217480

Tabela 2A. Resumo das emissões totais em toneladas de CO2-equivalente (tCO2e)

	Escopo	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Totais
Família de gás					
CH4		349.478300		8,288.653950	8,638.132250
CO2		46,340.253274	598,518.281463	6,440,259.459504	7,085,117.994241
N2O		290.343784		2,913.678014	3,204.021798
SF6		4,958.544000			4,958.544000
	Totais	51,938.619358	598,518.281463	6,451,461.791468	7,101,918.692289

Tabela 3A. Emissões de Escopo 1 desagregadas por categoria (tCO2e)

		Superfamília de gás	Kyoto
Escopo	Categoria		
Escopo 1	Combustão estacionária		37,582.045012
	Combustão móvel		9,067.996718
	Fugitivas		5,239.416000
	Mudança do uso do solo		49.161628
	Totais		51,938.619358

Tabela 4A. Emissões de Escopo 1 desagregadas por categoria – Emissões e Remoções de CO₂ biogênico

		CO2 renovável	
		Emissions (tGEE)	Removals (tGEE)
Escopo 1	Combustão estacionária	37.854859	0.000000
	Combustão móvel	1,639.458526	0.000000

Tabela 5A. Emissões de Escopo 2 desagregadas por categoria (tCO₂e)

		Superfamília de gás	Kyoto
Escopo	Categoria		
Escopo 2	Aquisição de energia elétrica		598,518.281463
Totais			598,518.281463

Tabela 6A. Emissões de Escopo 3 desagregadas por categoria (tCO₂e)

		Superfamília de gás	Kyoto
Escopo	Categoria		
Escopo 3	Bens e Serviços comprados		63.294566
	Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)		215.467430
	Resíduos gerados nas operações		615.702520
	Transporte e distribuição (downstream)		22,699.236551
	Transporte e distribuição (upstream)		790.634060
	Uso de bens e serviços vendidos		6,426.649.385894
	Viagens a negócios		428.070447
Totais			6,451,461.791468

Tabela 7A. Emissões de Escopo 3 desagregadas por categoria – Emissões e Remoções de CO₂ biogênico

		CO2 renovável	
		Emissions (tGEE)	Removals (tGEE)
Escopo 3	Deslocamento de funcionários (casa-trabalho)	30.890583	0.000000
	Transporte e distribuição (downstream)	5,234.359819	0.000000
	Transporte e distribuição (upstream)	81.586432	0.000000

Tabela 8A. Emissões por unidade

Unidade operacional	Escopo	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Totais
CEMIG D		11,457.458517	587,856.208804	1,949,452.194899	2,548,765.862220
CEMIG GT		40,107.303504	10,627.962633	2,240,377.743058	2,291,113.009195
CEMIG SIM		2,274,921		3,641,319	5,916,240
GASMIG		371.582416	34,110,026	2,261,628.212192	2,262,033.904634
	Totais	51,938.619358	598,518.281463	6,451,461.791468	7,101,918.692289

ANEXO B - CÁLCULO DAS EMISSÕES E INCERTEZAS

B.1 CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS EM EQUIPAMENTOS MÓVEIS E ESTACIONÁRIOS

As emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis fósseis foram calculadas a partir do consumo de combustível, em volume, ou da distância percorrida, por tipo de combustível e tipo de veículo, no ano de 2019. Quando os dados são fornecidos em consumo de combustível, as emissões de GEE para essa fonte são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = C_{i,y} \cdot PCI_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Onde:

- ***i*** Índice que denota o tipo de combustível;
- ***g*** Índice que denota um tipo de GEE;
- ***y*** Ano de referência do relatório;
- **$E_{i,g,y}$** Emissões ou remoções do GEE *g* atribuíveis à fonte *i* durante o ano *y*, em tCO₂e;
- **$C_{i,y}$** Consumo do combustível *i* para o ano *y*, na unidade de medida *u*, sendo *u* m³ ou kg;
- **$PCI_{i,y}$** Poder Calorífico Inferior do combustível *i* para o ano *y*, na unidade de medida TJ/*u*;
- **$FE_{i,g,y}$** Fator de emissão do GEE *g* aplicável ao combustível *i* no ano *y*, em tGEE g/TJ;
- **PAG_g** Potencial de aquecimento global do GEE *g*, em tCO₂e/tGEEg.

Nos casos em que o dado de entrada refere-se à distância percorrida, o cálculo das emissões é realizado segundo a fórmula a seguir:

$$E_{i,g,y} = \frac{D_{i,j,y}}{FC_{i,j,y}} \cdot PCI_{i,y} \cdot FE_{i,g,y} \cdot PAG_g$$

Onde:

- ***i*** Índice que denota o tipo de combustível;
- ***j*** Índice que denota o tipo de veículo;
- ***g*** Índice que denota um tipo de GEE;
- ***y*** Ano de referência do relatório;
- **$E_{i,g,y}$** Emissões ou remoções do GEE *g* atribuíveis à fonte *i* durante o ano *y*, em tCO₂e;

- $D_{i,j,y}$ Distância percorrida pelo veículo j que utiliza combustível i durante o ano y , em km;
- $FC_{i,j,y}$ Autonomia do veículo j , na unidade de medida u/km , sendo u m^3 ou kg ;
- $PCI_{i,y}$ Poder Calorífico Inferior do combustível i para o ano y , na unidade de medida TJ/u ;
- $FE_{i,g,y}$ Fator de emissão do GEE g aplicável ao combustível i no ano y , em tGEE g/TJ;
- PAG_g Potencial de aquecimento global do GEE g , em tCO₂e/tGEEg.

Os tipos de GEE emitidos na queima de combustíveis são CO₂, CH₄ e N₂O.

Os consumos de gasolina e diesel exigem uma etapa adicional de cálculo, dado que em 2019 a legislação brasileira exigia que esses combustíveis contivessem biocombustíveis em proporções específicas em suas composições. Para a gasolina, a exigência era de 27% de etanol anidro e para o diesel a exigência era de 10% até Agosto de 2019 e 11% de Setembro em diante. Para o cálculo das emissões oriundas do consumo desses tipos de combustível, as porcentagens de biocombustível foram multiplicadas pelo consumo total da mistura de combustível previamente à aplicação da equação descrita acima.

As categorias deste relatório que foram calculadas segundo as fórmulas acima são: consumo de combustíveis em equipamentos estacionários, consumo de combustíveis em equipamentos móveis, transporte terceirizado, deslocamento casa e trabalho e viagens a negócio (somente táxi).

B.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O cálculo de emissões de GEE provenientes do consumo de eletricidade foi realizado a partir dos dados de eletricidade consumida por unidade operacional, em MWh, no ano de 2019. Para o cálculo das emissões, utiliza-se o valor de consumo mensal devido à variação dos fatores de emissão da rede nacional (grid).

O tipo de GEE considerado na geração de energia do grid brasileiro é o CO₂ e as emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CO_2,m,y} = C_{m,y} \cdot FE_{CO_2,m,y}$$

Onde:

- m Mês do consumo referente ao consumo de eletricidade;
- y Ano de referência do relatório;
- $E_{CO_2,m,y}$ Emissões de CO₂ atribuíveis ao consumo de eletricidade da rede nacional no mês m do ano y , em tCO₂e;
- $C_{m,y}$ Consumo de eletricidade da rede nacional no mês m do ano y , em MWh;
- $FE_{i,g,y}$ Fator de emissão de CO₂ aplicável à eletricidade da rede nacional no mês m do ano y , em t CO₂/MWh.

A categoria de consumo de eletricidade deste relatório foi calculada segundo a fórmula acima.

B.3 CONSUMO DE GASES REFRIGERANTES E ISOLANTES

O cálculo de emissões de GEE provenientes do consumo de gases refrigerantes e isolantes foi realizado a partir dos dados de gases consumidos por unidade operacional, em quilos, no ano de 2019. A massa dos gases consumidos é multiplicada por seus respectivos potenciais de aquecimento global para obtenção da quantidade de CO₂e, conforme equação a seguir.

$$E_{CO_2e,g,y} = C_{g,y} \cdot PAG_g \cdot 1000$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório;
- g Índice que denota um tipo de GEE;
- $E_{CO_2e,g,y}$ Emissões de CO₂e atribuíveis ao consumo do gás refrigerante g no ano y , em tCO₂e;
- C_y Consumo de gases refrigerantes no ano y , em kg;
- PAG_g Potencial de aquecimento global do GEE g , em tCO₂e/t GEEg.

No caso dos *blends* de gases refrigerantes, o cálculo é feito multiplicando-se as porcentagens de cada tipo de gás refrigerante do *blend* na fórmula acima.

A categoria de emissões fugitivas deste relatório foi calculada segundo a fórmula apresentada.

B.4 VIAGENS AÉREAS

Para a contabilização das emissões de GEE associadas às viagens aéreas é necessário, primeiramente, contabilizar as distâncias percorridas em voos. O sistema CLIMAS possui uma funcionalidade em que as distâncias, em linha reta, dos trechos aéreos percorridos são calculadas a partir de seus códigos IATA¹² (como, por exemplo, GRU/FOR para uma viagem de Guarulhos a Fortaleza). Adicionalmente, um fator de correção de 8% é aplicado, conforme recomendado pela DEFRA, para estimar a distância real percorrida no trecho, já que os trechos, na prática, não são percorridos em linha reta.

Após o cálculo das distâncias, os múltiplos trechos percorridos são classificados como voos de curta, média e longa distância. As emissões de GEE provenientes de uma viagem de curta, média ou longa distância são calculadas segundo as equações abaixo.

$$E_{CO_2e,tr,y} = Distância_{tr} \cdot pax \cdot FE_{CO_2,tr,y}$$

$$E_{CH_4,tr,y} = Distância_{tr} \cdot pax \cdot FE_{CH_4,tr,y}$$

$$E_{N_2O,tr,y} = Distância_{tr} \cdot pax \cdot FE_{N_2O,tr}$$

Onde:

- **y** Ano de referência do relatório;
- **tr** Classificação do trecho voado (curta, média ou longa distância);
- **$E_{CO_2,tr,y}$** Emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr* no ano *y*, em tCO₂;
- **$E_{CH_4,tr,y}$** Emissões de CH₄ provenientes da queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr* no ano *y*, em tCH₄;
- **$E_{N_2O,tr,y}$** Emissões de N₂O provenientes da queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr* no ano *y*, em tN₂O;
- **$Distância_{tr}$** Distância em linha reta percorrida no trecho aéreo do tipo *tr* corrigido pelo fator de 8%, em *km*;
- ***pax*** Número de passageiros que percorreram o trecho do tipo *tr*;
- **$FE_{CO_2,tr}$** Fator de emissão de CO₂ aplicável à queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr*, em tCO₂/pax.km.

¹² IATA (International Air Transport Association) é um indentificador simples dos códigos dos diferetens aeroportos de todo o mundo.

- $FE_{CH_4,tr}$ Fator de emissão de CH₄ aplicável à queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr*, em $tCH_4/pax.km$.
- $FE_{N_2O,tr}$ Fator de emissão de N₂O aplicável à queima de combustíveis do avião que percorreu o trecho do tipo *tr*, em $tN_2O/pax.km$.

Os fatores de emissão ($FE_{CO_2,tr}$, $FE_{CH_4,tr}$ e $FE_{N_2O,tr}$) foram retirados do ferramenta de cálculo de emissões do Programa Brasileiro do *GHG Protocol* de 2018.

B.5 EMISSÕES AGREGADAS E OUTRAS DE NÃO-CO₂

As emissões de GEE mapeadas para essa fonte são provenientes da aplicação de fertilizantes no solo, principalmente os fertilizantes nitrogenados, calcário e ureia. O dado de entrada necessário para o cálculo dessas emissões é a quantidade total de fertilizante aplicada no ano, por tipo.

Para a calagem (calcário) e para aplicação de ureia no solo, as emissões de CO₂ são calculadas segundo a equação a seguir:

$$E_{CO_2,i,y} = Q_{i,y} \cdot CC_i \cdot \frac{44}{12}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2019);
- i Aplicação de fertilizante i (Calcário dolomítico ou ureia);
- $E_{CO_2,i,y}$ Emissões CO₂ atribuíveis à aplicação de fertilizante i no ano y , em $t CO_2$;
- $Q_{i,y}$ Quantidade de fertilizante i utilizado no ano y , em t ;
- CC_i Quantidade de C presente na fórmula molecular do fertilizante i , em $t C/t$.

Para o cálculo das emissões provenientes do calcário agrícola, considerou-se o tipo calcário dolomítico, visto que as informações coletadas junto a Associação Brasileira dos Produtores de Calcário Agrícola (ABRACAL) não são apresentadas de maneira segregada por diferentes tipos de calagem.

Além da emissão do CO₂, a aplicação de fertilizantes no solo, como ureia e outros fertilizantes nitrogenados, é responsável pela emissão de N₂O. O cálculo dessas emissões é feito segundo a seguinte equação:

$$E_{N_2O,i,y} = Q_{i,y} \cdot (FE1_i + FE4_i \cdot FracGasF_i + FE5_i \cdot FracLeach_i) \cdot NC_i \cdot \frac{44}{28}$$

Onde:

- y Ano de referência do relatório (2019);
- i Aplicação de fertilizante i ;
- $E_{N2O,i,y}$ Emissões N_2O atribuíveis à aplicação de fertilizante i no ano y , em $t N_2O$;
- $Q_{i,y}$ Quantidade de fertilizante i utilizado no ano y , em t ;
- NC_i Quantidade de N presente na fórmula molecular do fertilizante i , adimensional;
- $FE1_i$ Fator de N considerando adições, volatilização e deslocamento de N do fertilizante i , adimensional (valor *default* de 0,01 de acordo com IPCC 2006);
- $FE4_i$ Fator de volatilização e re-deposição aplicável ao fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,01 de acordo com IPCC 2006);
- $FE5_i$ Fator de escoamento aplicável ao fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,0075 de acordo com IPCC 2006);
- $FracGasF_i$ Fator de perda de N por volatilização de NH_3 e NO_x para o tipo de fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,1 de acordo com IPCC 2006);
- $FracLeach_i$ Fator de perda de N por escoamento o tipo de fertilizante i , *adimensional* (valor *default* de 0,3 de acordo com IPCC 2006);

B.6 EMISSÕES DE RESÍDUOS GERADOS

O cálculo de emissões de GEE provenientes do coprocessamento foi realizado a partir dos dados de resíduos gerados e destinados ao coprocessamento, em toneladas, para o ano de 2019. As emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CO2,r,y} = m_{r,y} \cdot CC_r \cdot \frac{44}{12} + m_{r,y} \cdot FE_{CH4,r} \cdot PAG_{CH4} + m_{r,y} \cdot FE_{N2O,r} \cdot PAG_{N2O}$$

Onde:

- r Tipo de resíduo;
- y Ano de referência do relatório;
- $E_{CO2,r,y}$ Emissões de CO_2 decorrente do coprocessamento do resíduo r durante o ano y , em tCO_2e ;
- $m_{r,y}$ Massa de resíduos para o ano y , na unidade de medida u , sendo u t ;

- CC_r Conteúdo de carbono para o resíduo r , adimensional;
- $FE_{CH_4,r}$ Fator de emissão de CH_4 decorrente do coprocessamento do resíduo r , em tCH_4 ;
- PAG_{CH_4} Potencial de aquecimento global do CH_4 , em tCO_2e/tCH_4 ;
- $FE_{N_2O,r}$ Fator de emissão de N_2O decorrente do coprocessamento do resíduo r , em tN_2O ;
- PAG_{N_2O} Potencial de aquecimento global do N_2O , em tCO_2e/tN_2O .

O cálculo de emissões de GEE provenientes da incineração de resíduos foi realizado a partir dos dados de resíduos gerados e incinerados, em toneladas, para o ano de 2019. As emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

$$E_{CO_2,r,y} = m_{r,y} \cdot CC_r \cdot \frac{44}{12} + m_{r,y} \cdot FE_{CH_4,r} \cdot PAG_{CH_4} + m_{r,y} \cdot FE_{N_2O,r} \cdot PAG_{N_2O}$$

Onde:

- r Tipo de resíduo;
- y Ano de referência do relatório;
- $E_{CO_2,r,y}$ Emissões de CO_2 decorrente da incineração do resíduo r durante o ano y , em tCO_2e ;
- $m_{r,y}$ Massa de resíduos para o ano y , na unidade de medida u , sendo u t;
- CC_r Conteúdo de carbono para o resíduo r , adimensional;
- $FE_{CH_4,r}$ Fator de emissão de CH_4 decorrente da incineração do resíduo r , em tCH_4 ;
- PAG_{CH_4} Potencial de aquecimento global do CH_4 , em tCO_2e/tCH_4 ;
- $FE_{N_2O,r}$ Fator de emissão de N_2O decorrente da incineração do resíduo r , em tN_2O ;
- PAG_{N_2O} Potencial de aquecimento global do N_2O , em tCO_2e/tN_2O .

O cálculo de emissões de GEE provenientes do aterro foi realizado a partir dos dados de resíduos gerados e destinados ao aterro, em toneladas, para o ano de 2019. As emissões são calculadas segundo fórmula a seguir:

O CH₄ é gerado nos aterros de acordo com as seguintes equações:

$$E_{CH_4,y} = QR_y \cdot L_{0,y} \cdot (1 - OX_0)$$

$$L_{0,y} = MCF_0 \cdot DOC_{média} \cdot DOC_f \cdot F_{CH_4} \cdot \frac{16}{12}$$

$$DOC_{média} = \sum (\%_{i,y} \cdot DOC_i)$$

Onde:

- **y** Ano de referência do relatório;
- **i** Tipo de resíduo;
- **E_{CH₄,y}** Emissões CH₄ atribuíveis à decomposição do resíduo disposto em aterros no ano y, em t CH₄;
- **QR_y** Quantidade de resíduos destinados para o aterro no ano y em t;
- **L_{0,y}** Potencial de geração de metano no ano y em t CH₄/ t resíduo;
- **OX₀** Fator de oxidação, adimensional;
- **MCF₀** Fator de correção de metano baseado na qualidade no aterro, adimensional;
- **DOC_{média}** Valor de carbono orgânico degradável médio industrial (valor default de 0,04 conforme IPCC 2006);
- **DOC_i** Carbono orgânico degradável do resíduo i;
- **%_{i,y}** Fração de quantidade de resíduo i no ano y;
- **DOC_{f,y}** Fração de resíduo que se decompõe, adimensional (valor default de 50%, conforme IPCC 2006);
- **F_{CH₄}** Fração de metano no biogás, adimensional (valor default de 50%, conforme IPCC 2006);
- **16/12** Conversão de massa de C em CH₄, 1,33;
- **F_{CH₄}** Fração de metano no biogás, adimensional (valor default de 50%, conforme IPCC 2006).

Os valores de OX₀ e MFC₀ foram obtidos do IPCC 2006, para aterros sanitários não categorizados. No geral, não há recuperação de metano nos aterros sanitários e reatores anaeróbicos do Brasil, e portanto, essa recuperação não foi considerada no inventário da CEMIG

B.7 CÁLCULO DAS INCERTEZAS

A seguir, são apresentados os cálculos utilizados na combinação de incertezas, bem como estimativas em intervalos de confiança e suas correções quando necessário, de acordo com o IPCC *Good Practice Guidance* (2006).

-Combinação de incerteza de componentes (não correlacionados) de uma multiplicação ou divisão:

$$I_{total} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$$

Onde:

- **I_{total}** : Incerteza percentual total do produto de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;
- **I_i** : Incerteza percentual associada a cada uma das quantidades de uma multiplicação.

-Combinação de incerteza de componentes (não correlacionados) de uma soma ou subtração:

$$I_{total} = \frac{\sqrt{(I_1 \cdot x_1)^2 + (I_2 \cdot x_2)^2 + \dots + (I_n \cdot x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Onde:

- **I_{total}** : Incerteza percentual total da soma ou subtração de quantidades (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem). Para intervalos de confiança assimétricos foi considerada a maior diferença percentual entre a média e o limite de confiança;
- **x_i e I_i** : Quantidades e incerteza percentual associada a cada uma das quantidades de uma multiplicação.

Por meio do modelo de propagação de incertezas descrito acima, é produzida uma estimativa da metade do intervalo de confiança de 95%, expressa como uma porcentagem do resultado do inventário. À medida que a incerteza do inventário aumenta, a abordagem de propagação descrita acima sistematicamente subestima a incerteza, exceto nos casos em que os modelos de quantificação são puramente aditivos. Portanto, nos casos em que a incerteza é superior a 100% e inferior a 230% essa deve ser corrigida por meio dos procedimentos descritos abaixo:

$$I_{\text{corrigida}} = I \cdot F_c$$

$$F_c = \left[\frac{(-0,720 + 1,0921 \cdot U - 1,63 \cdot 10^{-3} \cdot U^2 + 1,11 \cdot 10^{-5} \cdot U^3)}{I} \right]^2$$

Onde:

- **$I_{\text{corrigida}}$** : Incerteza total corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);
- **I** : Incerteza total não corrigida (metade do intervalo de confiança de 95% expresso como porcentagem);
- **F_c** : Fator de correção de incerteza.

Para o cálculo de intervalos de confiança do resultado total a partir do modelo baseado na média e da metade do intervalo de confiança de 95% das quantidades componentes, uma determinada distribuição deve ser assumida. Se o modelo é puramente aditivo e a metade do intervalo de confiança é menor que 50%, uma distribuição normal é uma estimativa acurada. Nesse caso, pode ser assumida uma distribuição de probabilidade simétrica. Para modelos multiplicativos ou nos casos em que a incerteza é maior que 50% para variáveis que devem ser não-negativas, uma distribuição lognormal é tipicamente uma suposição acurada. Nesses casos a distribuição de probabilidade não é simétrica em relação à média. Para essas situações as seguintes fórmulas serão aplicadas para o cálculo dos limites superior e inferior do intervalo de confiança de 95%:

$$I_{\text{baixa}} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) - 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100$$

$$I_{\text{alta}} = \left\{ \frac{\exp[\ln(\mu_g) + 1,96 \cdot \ln(\sigma_g)] - \mu}{\mu} \right\} \cdot 100$$

$$\sigma_g = \exp \left\{ \sqrt{\ln \left(1 + \left[\frac{I}{100} \right]^2 \right)} \right\}$$

$$\mu_g = \exp \left\{ \ln(\mu) - \frac{1}{2} \cdot \ln \left(1 + \left[\frac{I}{100} \right]^2 \right) \right\}$$

Onde:

- I_{baixa} : Limite inferior do intervalo de confiança de 95%, em%;
- I_{alta} : Limite superior do intervalo de confiança de 95%, em%;
- μ_g : Média geométrica;
- μ : Média aritmética;
- σ_g : Desvio padrão geométrico;
- I : Incerteza total simétrica do intervalo de confiança de 95%, em%;

ANEXO C - FATORES DE EMISSÃO DO INVENTÁRIO DE GEE 2019

Todos os memoriais de cálculo dos fatores de emissão estão presentes no sistema CLIMAS. Para acesso, basta seguir os seguintes passos:

1. Acessar o Climas;
2. Em Emissões de GEE, selecione “Auditoria - Extrato de fatores de emissão”;
3. Escolher o Inventário e clicar em “Obter extrato” para gerar o relatório;
4. Na última tabela (“Fatores de emissão”), selecione o fator de emissão através das colunas Tecnologia/ Precursor e clique no botão “Ver” na última coluna (“Medidas de fator”);
5. Na nova janela, clique em “Memorial” (última coluna) para verificar como o fator de emissão foi construído e de onde foram retirados seus os dados.

Os memoriais apresentam uma descrição detalhada, conforme o exemplo a seguir.

Transporte rodoviário - Etanol hidratado - m³

00 - 00

← Retornar para as medidas

tCH₄/m³ =

$$EFCH4ethanol = 0.0003841000^{+0.00\%}_{-0.00\%}$$

Exibir 10 registros Pesquisar:

Exibindo 1 a 1 de 1 registros

Variável	Descrição	Valor	Unidade	Referência	Observação	Início da validade	Fim da validade
EFCH4ethanol	Fator de emissão de CH4 para combustão de etanol - fontes móveis	0.000384, [-0.00%, +0.00%]	t/m3	PBGHGP 2016	Ficha "Fatores de emissão", Seção 3.1, Tabela 4, Etanol (Etanol hidratado)	-	-

Abaixo são apresentados os principais fatores de emissão e conversão utilizados para cálculo dos Escopos 1, 2 e 3 do Inventário de GEE da CEMIG em 2019.

Tabela C1. Potenciais de Aquecimento Global (PAG)

Gás	PAG
CO ₂	1
CH ₄	25
N ₂ O	298
SF ₆	22.800

Tabela C2. Fatores de Emissão – Energia Elétrica - 2019

País	FECO2 (t/MWh)	FECH4 (t/MWh)	FEN2O (t/MWh)	Fonte
Brasil	0,0750	-	-	MCTIC, 2020

Tabela C3. Fatores de Conversão – Combustão Móvel

Dados de transporte	Fator	Un.	Fonte
Diesel oil - Commercial Vehicle	10,5	km/L	PBGHGP 2020
Diesel oil - Heavy truck	3,4	km/L	PBGHGP 2020
Diesel oil - Light and medium trucks	5,6	km/L	PBGHGP 2020

Tabela C4. Fatores de Emissão – Viagens Aéreas

Viagens aéreas	EFCO ₂	EFCH ₄	EFN ₂ O	Un.	Fonte
Air Travel - Long distance	94,851852	0,00037	0,003014	t/pax*Gm	PBGHGP 2020
Air Travel - Medium distance	76,768519	0,00037	0,002424	t/pax*Gm	PBGHGP 2020
Air Travel - Short distance	123,564815	0,004444	0,003915	t/pax*Gm	PBGHGP 2020
Air Travel Cargo - Short distance		0,000003	0,000034	kg/tkm	DEFRA 2016
Short haul flights - International freight transportation	1,21094			kgGHG/tkm	DEFRA 2016
Short haul flights - freight transportation	1,06176			kgCO ₂ /tkm	DEFRA 2016

Tabela C5. Densidade e Poder Calorífico Interior (PCI)

Precursor	Densidade (kg/m ³)	PCI (kcal/kg)	Fonte
Biodiesel (B100)	880	9.000	BEN, 2019
Etanol Hidratado	809	6.300	BEN, 2019
Gás Natural	0,74	8.800	BEN, 2019
Gasolina Automotiva	742	10.400	BEN, 2019
Óleo Diesel	840	10.100	BEN, 2019
Querosene de aviação	799	10.400	BEN, 2019

Tabela C6. Fatores de Emissão – Fontes Móveis e Estacionárias

Precursor	EFCO ₂	EFCH ₄	EFN ₂ O	Un.	Fonte
Gás Natural	56.100			kg/TJ	IPCC, 2006
Natural Gas - Mobile combustion		92,0	3,0	kg/TJ	IPCC, 2006
Biodiesel	2,431			tCO ₂ /m ³	IPCC, 2006
Biodiesel - Mobile combustion		0,000332	0,00002	tGEE/m ³	IPCC, 2006
Biodiesel - Stationary combustion - Commercial / Institutional		10,0	0,6	kg/TJ	IPCC, 2006
Óleo Diesel	74.100			kg/TJ	IPCC, 2006
Diesel Oil - Mobile combustion		3,9	3,9	kg/TJ	IPCC, 2006
Diesel Oil - Stationary combustion - Commercial / Institutional		10,0	0,6	kg/TJ	IPCC, 2006
Etanol	1,457			t/m ³	IPCC, 2006
Ethanol - Mobile combustion		0,000384	0,000013	t/m ³	IPCC, 2006
Gasoline	69.300			kg/TJ	IPCC, 2006
Gasoline - Mobile combustion		25,0	8,0	kg/TJ	IPCC, 2006
Jet querosene	71.500			kg/TJ	IPCC, 2006
Fuel combustion - civil aviation		0,5	2,0	kg/TJ	IPCC, 2006

ANEXO D - EMISSÕES POR FONTE DE EMISSÃO

Tabela D1. Emissões por fonte e responsável do Escopo 1 (Kyoto - tCO₂e)

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO ₂ e)
CEMIG D	Consumo de Álcool - Frota Própria	Ormindo Coutinho Filho	4,21
	Consumo de Diesel S10 - Frota Própria		5.446,70
	Consumo de Diesel S500 - Frota Própria		889,72
	Consumo de Gasolina - Frota Própria		891,88
	Consumo de GNV - Frota Própria		1,02
	Consumo de Querosene de aviação na frota da empresa	Vinicius Vieira Sales	338,23
	Consumo de GN em fontes estacionárias (Restaurante)	Pedro Henrick	3,28
	Consumo de GN nos geradores (Ed. Aureliano Chaves)		3,26
	Consumo de Óleo Diesel nos geradores (Sede)		1,19
	Uso de Isolantes - Escape de SF6	João Carlos Oliveira da Silva	3.871,21
	Consumo de GLP em empilhadeiras	Júlio Henrique Costa Guimarães	0,80
	Consumo de GN em fontes estacionárias (caldeiras e outros equipamentos)		5,95
	CEMIG GT	Consumo de Álcool - Frota Própria	Ormindo Coutinho Filho
Consumo de Diesel - Frota Própria		53,64	
Consumo de Diesel S10 - Frota Própria		701,8	
Consumo de Diesel S500 - Frota Própria		170,91	
Consumo de Gasolina - Frota Própria		338,27	
Consumo de Querosene de aviação na frota da empresa		Vinicius Vieira Sales	70,94
Consumo de Calcário		Clara Silva	9,00
Consumo de Diesel - Frota Alugada			11,95
Consumo de Diesel em Embarcações			0,01
Consumo de Gasolina - Frota Alugada			54,01
Consumo de Gasolina em Embarcações			0,11
Consumo de Nitrogênio em Fertilizantes			40,17
Consumo de Óleo Diesel nos geradores			13,75
Consumo de Óleo Diesel nos geradores (Geração)			2,58
Consumo de Óleo Combustível em fontes estacionárias		Tiago Brito	37.210,91
Consumo de Óleo Diesel em fontes estacionárias			324,58
Consumo de Óleo Diesel nos geradores (Transmissão)	Schubert / Ormindo	16,38	
Uso de Isolantes - Escape de SF6	Rômulo Miranda Teixeira	1087,33	
CEMIG SIM	Consumo de Álcool - Frota Própria	Ormindo Coutinho Filho	0,02
	Consumo de Gasolina - Frota Própria		2,25

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO ₂ e)
GASMIG	Consumo de Álcool - Frota Própria	Augusto Vieira de Loiola	0,14
	Consumo de CO2 em extintores		0,02
	Consumo de Diesel - Frota Própria		2,42
	Consumo de Gasolina - Frota Própria		8,31
	Consumo de GNV - Frota Própria		79,67
	Consumo de Óleo Diesel nos geradores		0,17
	Perdas de Gás Natural no transporte		280,85
TOTAL - Escopo 1			51.938,62

Tabela D2. Emissões por fonte e responsável do Escopo 2 (Kyoto - tCO₂e)

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO ₂ e)
CEMIG D	Consumo de energia elétrica	Danilo de Deus	2816,16
	Perdas do Sistema de D		585.040,05
CEMIG GT	Consumo de energia elétrica		303,41
	Perdas do Sistema de T		103.24,55
GASMIG	Consumo de energia elétrica	Augusto Vieira de Loiola	34,11
TOTAL - Escopo 2			598.518,28

Tabela D3. Emissões por fonte e responsável do Escopo 3 (Kyoto - tCO₂e)

Unidade operacional	Parâmetro	Responsável	Emissões (tCO ₂ e)
CEMIG D	Comercialização de Energia Elétrica	Danilo de Deus	1.925.237,85
	Consumo de Álcool das empreiteiras	Douglas Morais	20,58
	Consumo de Diesel das empreiteiras		17.782,89
	Consumo de Gasolina das empreiteiras		4.895,77
	Consumo de Diesel em Caminhões Terceirizados (Baú, Truck e Carreta)	Bruno Tavora Palmeira	751,1
	Consumo de GLP em empilhadeiras		60,13
	Consumo de diesel para deslocamento de funcionários	Ormindo Coutinho Filho	114,51
	Deslocamentos em viagens aéreas de curta distância	Patricia Ferreira Peixoto	92,47
	Deslocamentos em viagens aéreas de longa distância		52,45
	Deslocamentos em viagens aéreas de média distância		111,74
	Massa de resíduo enviado para a incineração	Alessandra Chagas Daniel	2,87
	Massa de resíduo enviado para o coprocessamento		329,84
CEMIG GT	Comercialização de Energia Elétrica	Danilo de Deus	2.239.804,90
	Consumo de GLP em empilhadeiras		3,17

CEMIG GT	Consumo de Diesel em Caminhões Terceirizados (Baú, Truck e Carreta)	Bruno Tavora Palmeira	39,53
	Consumo de diesel para deslocamento de funcionários	Ormindo Coutinho Filho	35,98
	Consumo de gasolina para deslocamento de funcionários		64,98
	Deslocamentos em viagens aéreas de curta distância	Patricia Ferreira Peixoto	52,73
	Deslocamentos em viagens aéreas de longa distância		13,56
	Deslocamentos em viagens aéreas de média distância		79,9
	Massa de resíduo enviado para a incineração	Alessandra Chagas Daniel	0,22
	Massa de resíduo enviado para o aterro - lodo		7,85
	Massa de resíduo enviado para o aterro - madeira		33,4
	Massa de resíduo enviado para o aterro - outros		3,94
	Massa de resíduo enviado para o coprocessamento		237,58
	CEMIG SIM	Deslocamentos em viagens aéreas de curta distância	Patricia Ferreira Peixoto
Deslocamentos em viagens aéreas de média distância		1,37	
GASMIG	Comercialização de GN (combustão estacionária)	Augusto Vieira de Loiola	2.176.346,22
	Comercialização de GN (veicular)		85.260,42
	Deslocamentos em viagens aéreas de curta distância	Patricia Ferreira Peixoto	8,24
	Deslocamentos em viagens aéreas de longa distância		6,96
	Deslocamentos em viagens aéreas de média distância		6,38
TOTAL - Escopo 3			6.451.461,79

ANEXO E - CATEGORIAS DO PROGRAMA BRASILEIRO DO GHG PROTOCOL

O Programa Brasileiro do GHG Protocol define as seguintes categorias de emissões:

- **Combustão estacionária (escopo 1):** emissões de GEE provenientes da queima de combustível, que gera energia, geralmente, utilizada para produzir vapor de água ou energia elétrica. Essa energia não é utilizada para meio de transporte. Exemplos: fornos, queimadores, aquecedores e geradores.
- **Combustão móvel (escopo 1):** emissões de GEE provenientes da queima de combustível, que gera energia utilizada para produzir movimento e percorrer um trajeto. Exemplos: carros, motocicletas, caminhões, ônibus, tratores, empilhadeiras, aviões e trens.
- **Fugitivas (escopo 1):** escapes de GEE geralmente não intencionais que ocorrem durante a produção, processamento, transmissão, armazenagem ou uso do gás. Exemplos: extintores de incêndio (CO₂) e vazamento de equipamentos de refrigeração e ar condicionado (HFC ou PFC).
- **Mudança do uso do solo (escopo 1):** emissões de GEE não-mecânicas provenientes de atividades de agricultura ou pecuária ou que promovam mudanças no uso do solo.
- **Aquisição de energia elétrica (escopo 2):** emissões de GEE provenientes da geração de energia elétrica adquirida pela empresa inventariante ou relacionadas à parcela de energia elétrica perdida pelos sistemas de transmissão e distribuição.
- **Categoria 1: Bens e serviços comprados (escopo 3):** Bens ou serviços comprados pela empresa de terceiros que gerem emissões de GEE.
- **Categoria 4: Transporte e Distribuição *Upstream* (escopo 3):** emissões de distribuição de produtos e transporte comprados ou adquiridos pela organização inventariante em veículos e instalações que não são de propriedade nem operados pela organização, bem como de outros serviços terceirizados de transporte e distribuição (incluindo tanto logística de entrada quanto de saída).
- **Categoria 5: Resíduos gerados nas operações (escopo 3):** inclui as emissões do tratamento e/ou disposição final dos resíduos sólidos e efluentes líquidos decorrentes das operações da organização inventariante controladas por terceiros. Esta categoria contabiliza todas as emissões futuras (ao longo do processo de tratamento e/ou disposição final) que resultam dos resíduos gerados no ano inventariado.

- **Categoria 6: Viagens a negócios (escopo 3):** emissões do transporte de funcionários para atividades relacionadas aos negócios da organização inventariante, realizado em veículos operados por ou de propriedade de terceiros, tais como aeronaves, trens, ônibus, automóveis de passageiros e embarcações. São considerados nesta categoria todos os funcionários de entidades e unidades operadas, alugadas ou de propriedade da organização inventariante. Podem ser incluídos nesta categoria funcionários de outras entidades relevantes (por exemplo, prestadores de serviços terceirizados), assim como consultores e outros indivíduos que não são funcionários da organização inventariante, mas que se deslocam às suas unidades.
- **Categoria 7: Deslocamento de funcionários (escopo 3):** As emissões dessa categoria incluem o transporte dos funcionários entre as suas casas até o seu local de trabalho. Incluem-se nessa categoria o transporte por carros, ônibus, trem e outros modais de transporte urbano.
- **Categoria 9: Transporte e distribuição *Downstream* (escopo 3):** Emissões do transporte e distribuição de produtos vendidos pela organização inventariante (se não for pago por esta) entre suas operações e o consumidor final, incluindo varejo e armazenagem, em veículos e instalações de terceiros.
- **Categoria 11: Uso de bens e serviços vendidos (escopo 3):** Emissões advindas do uso de um bem ou serviço vendido pela empresa inventariante.

ANEXO F - CERTIFICADO



DECLARAÇÃO

O Bureau Veritas Certification, estabelecido na Avenida Alfredo Egídio de Souza Aranha, 100, 4º andar, Torre C, Vila Cruzeiro, São Paulo/SP, inscrito no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas sob o nº 72.368.012/0002-65, declara, para os devidos fins, que fica a CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, estabelecida Av. Barbacena, 1200 – 17º andar, Ala A1, Belo Horizonte, Minas Gerais, inscrita no Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas sob o nº 17.155.730/0001-64, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais, autorizada a publicar em todos os seus títulos e sites o trecho da Declaração de Verificação conforme redação a seguir: **"O Bureau Veritas Certification, com base nos processos e procedimentos descritos no seu Relatório de Verificação, adotando um nível de confiança razoável, declara que o Inventário de Gases de Efeito Estufa – ano inventariado 2019, da CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, é preciso, confiável e livre de erro ou distorção e é uma representação equitativa dos dados e informações de GEE sobre o período de referência, para o escopo definido; foi elaborado em conformidade com as especificações da NBR ISO 14064-1 e do Programa Brasileiro GHG Protocol."**

Emissões Verificadas:

Escopos 1, 2 e 3 (em tCO₂e)

Abordagem	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total
Controle operacional	51.939	598.518	6.451.462	7.101.919

São Paulo, 13 de Abril de 2020.

Bureau Veritas Certification

Verificador Líder



Consultoria de apoio à elaboração do inventário: Waycarbon.

Rua Paraíba, 1.000 – 7º andar
CEP 30130 – 141 - Belo Horizonte – MG
Telefone | Fax 55 31 3401.1074

BH | SP | RJ

WWW.WAYCARBON.COM