



INVENTÁRIO DE GASES DE EFEITO ESTUFA 2021

Execução:

Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Ambiental – GPDA

Diretoria de Meio Ambiente e Ação Social – DMA

Compilação, processamento de dados e redação:

Alessandro Enos Tulio – Estagiário Engenharia Ambiental, estagioambiental@sanepar.com.br

Roberta Miguel Kiska Filippini – Engenheira Ambiental, robertamk@sanepar.com.br

Thaisa Carolina Ferreira Waiss – Engenheira Ambiental, thaisacfw@sanepar.com.br

Revisão:

Pedro Luis Prado Franco – Gerente

Elaboração em:

Junho/2022

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	3
2	DEFINIÇÃO DE LIMITES DO IGEE.....	4
3	MONITORAMENTO DAS EMISSÕES AO LONGO DO TEMPO.....	6
3.1	Indicadores.....	6
4	IDENTIFICAÇÃO E CÁLCULO DAS EMISSÕES	8
4.1	Fontes de Emissão.....	8
4.2	Abordagem de Cálculo	8
4.2.1	Tratamento de efluentes	8
4.2.2	Resíduos sólidos.....	13
4.2.3	Combustão móvel e estacionária	14
4.2.4	Emissões fugitivas	14
4.2.5	Mudança do Uso e Ocupação do Solo (MUS)	15
4.2.6	Biogênicas.....	15
4.2.7	Energia elétrica	16
4.2.8	Escopo 3	16
4.3	Alterações na metodologia em relação aos anos anteriores	16
5	RESULTADOS.....	18
5.1	Emissões Diretas.....	18
5.1.1	Tratamento de esgoto (CH ₄ e N ₂ O).....	20
5.1.2	Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos (CH ₄).....	21
5.1.3	Combustão móvel e estacionária (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O).....	21
5.1.4	Emissões fugitivas (HFCs).....	22
5.1.5	Mudança do Uso e Ocupação do Solo (MUS)	23
5.2	Emissões Indiretas	23
5.2.1	Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN)	23
5.2.2	Transporte e distribuição (upstream) Resíduos gerados nas operações Viagens à negocio	24
5.3	Emissões biogênicas.....	25
5.4	Comparativo das Emissões.....	25
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
7	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade, mais do que um conceito, está no dia a dia das atividades da Sanepar afetando os aspectos econômico-financeiro, social e ambiental, pois a conjugação dessas variáveis assegura a perenidade da empresa. Nesse sentido, ela é uma das perspectivas do Mapa Estratégico da Companhia e direciona seus esforços para a geração de valor a todas as suas partes interessadas, tornando-se inerente ao negócio.

A Sanepar reconhece que a preservação e a conservação do meio ambiente e a interação com as pessoas são imprescindíveis para o seu crescimento sustentável e que estas ações contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população.

Em consonância com as práticas de gestão sustentável previstas no Mapa Estratégico da Companhia e na Política de Sustentabilidade, anualmente as emissões de gases de efeito estufa - GEE provenientes das atividades da empresa são quantificadas para elaboração do Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE).

O IGEE permite identificar os principais processos de geração de GEE e gerenciá-los buscando redução ou neutralização. O primeiro inventário da Sanepar foi elaborado em 2008 com dados referentes ao ano de 2007 e desde 2009 a Companhia reporta seu IGEE ao Registro Público do Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

O presente documento apresenta os resultados obtidos para o IGEE relativo ao ano de 2021, o qual aborda todos os sistemas da Sanepar e utiliza como base a experiência acumulada na elaboração das edições anteriores e novas ferramentas disponíveis. Como em anos anteriores, a estimativa das emissões de gases de efeito estufa provenientes das atividades da Sanepar é realizada com base nos métodos disponibilizados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

Todos os GEE regulados pelo Protocolo de Quioto, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hexafluoreto de enxofre (SF₆), hidrofluorcarbonos (HFCs), perfluorcarbonos (PFCs), são incluídos no IGEE.

O Inventário de GEE relativo ao ano de 2021 mantém importantes melhorias metodológicas iniciadas em 2012, refletindo diretamente na precisão dos resultados apresentados. Destacando o cálculo descentralizado das emissões de GEE por unidade operacional e a atualização dos valores do *Global Warming Potential* (GWP) do quinto relatório do IPCC, *Fifth Assessment Report – AR5*. O GWP é utilizado para calcular o dióxido de carbono equivalente (CO₂) dos gases causadores do efeito estufa, transformando-os na unidade padrão.

Por fim, é válido ressaltar que as metodologias adotadas fornecem elementos para a estimativa das emissões de GEE, cujos resultados podem variar consideravelmente em relação aos valores medidos como no caso dos GEE gerados no processo de tratamento de esgoto.

Neste sentido, os resultados apresentados neste documento são específicos para o mapeamento em questão, adequados para identificar as principais fontes e planejar metas de redução de GEE. Os valores aqui apresentados não devem ser generalizados ou extrapolados para outras condições não mapeadas. Para confirmação do potencial das emissões em cada fonte deve ser objeto de desenvolvimento específico e estudos complementares.

2 DEFINIÇÃO DE LIMITES DO IGEE

A Sanepar produz e distribui água tratada para 345 municípios no Paraná e um em Santa Catarina. Em 2021, a Sanepar atingiu 3,3 milhões de ligações de água e 2,4 milhões de ligações de esgoto. A empresa mantém uma das maiores estruturas do Brasil em saneamento básico. São 168 Estações de Tratamento de Água e 258 Estações de Tratamento de Esgoto. A Sanepar também atua na gestão de resíduos sólidos urbanos, operando os aterros sanitários de Cianorte, Apucarana e Cornélio Procopio.

Para contabilização das emissões de GEE da Sanepar é necessária a definição de limites geográficos, organizacionais e operacionais. Nos limites geográficos são incluídas todas as fontes de emissões localizadas em território brasileiro. Quanto aos limites organizacionais optou-se por elaborar o inventário contendo as informações de emissões de GEE com base somente no controle operacional. Neste caso, a empresa declara que possui autoridade para introduzir e implementar políticas de funcionamento.

A contabilização dos GEE seguiu os seguintes critérios: i) se possuir controle operacional, 100%, ii) se não possuir controle operacional, 0%. A definição dos limites operacionais tem como objetivo identificar as emissões que estão associadas com as suas operações.

As emissões podem ser classificadas como de natureza direta ou indireta. Emissões diretas de GEE são emissões provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização, já as indiretas são aquelas resultantes das atividades da organização que está inventariando suas emissões, mas que ocorrem em fontes que pertencem ou são controladas por outra organização.

A Tabela 1 apresenta a matriz das emissões de GEE com a classificação dos tipos de emissão, escopo, categoria, subcategoria, atividades e os GEE.

TABELA 1 – MATRIZ DE EMISSÕES DE GEE

Tipo de Emissão	Escopo	Categoria	Fontes de emissão (GEE)
Direta	1	Efluentes	Estações de Tratamento de efluentes (CH ₄ e N ₂ O)
		Resíduos Sólidos	Aterros sanitários: Cianorte, Apucarana e Cornélio Procopio (CH ₄)
		Combustão Estacionária	Equipamentos estacionários controlados pela Sanepar (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Combustão Móvel	Veículos da frota própria ou locada controlados pela Sanepar (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Fugitivas	Equipamentos de refrigeração, bebedouros, extintores e ar condicionado - RAC (HFCs e CO ₂)
		Mudança do Uso e Ocupação do Solo	Desmatamentos em obras e ampliações de estruturas operacionais (CO ₂)

Tipo de Emissão	Escopo	Categoria	Fontes de emissão (GEE)
Indireta	2	Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN)	Abastecimento de água Esgotamento sanitário Atividades administrativas Aterros Sanitários (CO ₂)
	3	Resíduos gerados na operação	Resíduos provenientes das ETE enviados para aterros terceirizados (CO ₂ , CH ₄)
			Lodo proveniente das ETE enviado para agricultura (N ₂ O)
		Transp.& Distribuição (Upstream)	Veículos de empresas contratadas operantes em aterros sanitários (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Viagens a negócio	Transporte aéreo e rodoviário
Biogênica	-	Combustão móvel	Veículos controlados pela Sanepar (CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)
		Efluentes	Queimadores em estações de tratamento de efluentes e dos aterros sanitários (CO ₂)

A identificação dos GEE de cada uma das fontes e/ou atividades da Sanepar foi realizada com base nos métodos disponibilizados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) e pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*.

As atividades desenvolvidas pela Sanepar e contempladas no IGEE são: esgotamento sanitário, abastecimento de água, coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos e atividades de apoio, classificadas como administrativas. Equipamentos e infraestrutura como consumo de combustível em veículos e equipamentos como ar condicionado, refrigeradores, bebedouros e extintores são fonte de emissões consideradas no Escopo 1.

No processo de tratamento de água não foi identificada nenhuma emissão direta de GEE. Não foram consideradas as emissões de reservatórios de abastecimento urbano da companhia por não haver, até o momento, consenso científico internacional sobre metodologia.

Em virtude da importância e do impacto ambiental, a energia é uma emissão indireta calculada em separada das demais e constitui o Escopo 2, as demais emissões indiretas são classificadas como Escopo 3. Para fins deste inventário foram contabilizadas as emissões dos resíduos do processo esgoto enviados para aterro sanitário, do lodo enviado para agricultura, viagens a negócio e emissões provenientes da frota operacional dos aterros sendo a inclusão desta categoria ainda de caráter opcional.

3 MONITORAMENTO DAS EMISSÕES AO LONGO DO TEMPO

Para o monitoramento das emissões, deve-se selecionar o ano-base. Até 2021, o ano-base da Sanepar era o ano de 2013, considerando que nesse ano o procedimento de elaboração do IGEE foi consolidado internamente e incluído no sistema normativo. Porém, com o aprimoramento da metodologia, internalização dos apontamentos das verificações realizadas nos IGEE 2016, 2017, 2018, 2020 e 2021, e por fim da recomendação do SBTi¹ de que a escolha do ano base não seja anterior a 2015, esse ano decidiu-se mudar o ano-base para 2016.

Segundo o EPB, o método prevê a possibilidade do recálculo das emissões do ano-base quando uma mudança acumulada de 5% ou mais nas emissões totais do ano-base de uma empresa participante (Escopo 1 e Escopo 2, bem como qualquer atividade do Escopo 3, em termos de CO₂ equivalente).

Devido à alteração na metodologia de cálculo das emissões de metano nas ETE em 2017, as emissões provenientes do ano 2016 foi recalculada para análise e comparação com as emissões dos anos seguintes. Em 2020 houve recálculo das emissões provenientes dos anos anteriores devido à alteração na metodologia para cálculo de N₂O.

Em 2021 foram adicionadas categorias no Escopo 3, além disso, foram feitos ajustes no cálculo das emissões fugitivas, nas emissões provenientes dos aterros sanitários e passou-se a considerar dados de monitoramento de nitrogênio do efluente. Assim, novamente foi realizado o recálculo das emissões desde 2016 para comparação dos anos anteriores.

O aumento no número de ETE ou a desativação corresponde ao crescimento ou declínio orgânico e não há a necessidade de alteração do ano base.

3.1 Indicadores

Conforme previstos nas Especificações do Programa Brasileiro *GHG Protocol*, além do inventário de emissões absolutas, a Sanepar possui indicadores que fornecem informações sobre desempenho relativamente a um tipo de atividade com o objetivo de avaliar ao longo do tempo o desempenho dos seus processos por meio de indicadores de produtividade/eficiência e de intensidade.

A Sanepar atualmente utiliza os seguintes indicadores:

- Produtividade/eficiência:
 - kg CO₂e de emissões diretas / m³ esgoto tratado, é utilizado o total do Escopo 1 retirando as emissões referente aos aterros.
 - kg CO₂e de emissões diretas referentes aos aterros sanitários / toneladas de resíduos aterrados, apenas as emissões oriundas dos aterros são consideradas.

¹ O SBTi é uma parceria entre o CDP, o Pacto Global das Nações Unidas, o *World Resources Institute* (WRI) e o *World Wide Fund for Nature* (WWF). A sigla vem do inglês *Science Based Targets* e significa metas baseadas na natureza.

- kwh consumo total de energia / m³ água produzida, é considerado toda a energia do Escopo 2 dividido pela quantidade de água produzida.
- Intensidade:
 - kg CO₂e de emissões diretas / habitantes, são consideradas todas as emissões do Escopo 1 dividido pela população atendida com rede coletora de esgoto.

4 IDENTIFICAÇÃO E CÁLCULO DAS EMISSÕES

Este capítulo segue os seguintes passos, conforme descrito no EPB: i) identificar fontes de emissão; ii) escolher a abordagem de cálculo; iii) coletar dados e escolher fatores de emissão; iv) aplicar ferramentas de cálculo e v) compilar dados no nível corporativo.

O EPB, no item 7.4.1 descreve que é suficiente indicar uma referência ou um link para as ferramentas utilizadas para calcular ou medir as emissões. Na tabela 2 contém as referências utilizadas e no item 4.2 são destacados os principais fatores escolhidos e quaisquer exclusões específicas de fontes, unidades ou operações.

4.1 Fontes de Emissão

A identificação das fontes de emissão foi apresentada na Tabela 1.

4.2 Abordagem de Cálculo

A estimativa das emissões de toneladas de gás carbônico equivalente (tCO₂e), de cada uma das fontes e/ou subcategoria da Sanepar, foi realizada com base nos métodos disponibilizados pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* e pelo Programa Brasileiro *GHG Protocol*, conforme a Tabela 2 a seguir:

TABELA 2 – MÉTODOS E FERRAMENTAS PARA ESTIMATIVA DAS EMISSÕES DE tCO₂e

Escopo	Subcategoria/Fonte	Emissão	Método / Ferramenta
1	Efluentes	(CH ₄ e N ₂ O)	Planilha própria baseada em IPCC (2006)
1	Resíduos Sólidos	(CH ₄)	Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0.xlsx
1	Combustão móvel e estacionária	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0.xlsx
1	Fugitivas	(HFCs e CO ₂)	Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0.xlsx
1	Mudança do Uso e Ocupação do Solo	(CO ₂)	IPCC (2006) e Terceiro Inventário Brasileiro
2	Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN)	(CO ₂)	Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0.xlsx
3	Transporte e distribuição upstream	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0.xlsx
3	Viagens a negócios	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0.xlsx
3	Resíduos da operação	(CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O)	Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0.xlsx

4.2.1 Tratamento de efluentes

Durante o tratamento anaeróbio de efluentes domésticos, gases como CO₂, CH₄ e N₂O são emitidos para a atmosfera. Segundo IPCC (2006), a produção de metano ocorre durante a decomposição anaeróbia do efluente ou do lodo. E o fator principal para determinar o potencial de

geração de CH₄ no tratamento de efluentes é a quantidade de matéria orgânica degradável removida no tratamento. Já a produção de N₂O ocorre durante os processos de nitrificação e desnitrificação do nitrogênio presente no afluente em plantas aeróbias. As emissões de N₂O também ocorrem de forma indireta quando o efluente é lançado no corpo hídrico. A metodologia do IPCC (2006) não considera as emissões de CO₂ no tratamento de efluentes, por ser de origem biogênica.

A Sanepar declara apenas as emissões que estão sob sua responsabilidade, portanto, considera-se apenas a parcela de esgoto que é coletado através da rede coletora e segundo o método escolhido “não se acredita que as águas residuais em esgotos subterrâneos fechados sejam uma fonte significativa de CH₄” e que o esgoto coletado é encaminhado para uma planta centralizada.

Considerando a Tabela 6.1 do relatório do IPCC (2006), no caso do esgoto coletado e tratado, pode ter os seguintes casos: i) plantas com tratamento aeróbio são fontes pequenas de N₂O, quando as plantas com tratamento aeróbio estão com sobrecarga ou não são bem operados podem produzir CH₄, ii) tratamento anaeróbio de lodo de esgoto de plantas com tratamento aeróbio é uma fonte significativa de CH₄ quando o gás não é queimado ou recuperado, iii) lagoas rasas aeróbias produzem CH₄ se mal concebidos ou mal geridos; iv) lagoas ou reatores com tratamento anaeróbio produzem CH₄ quando o gás não é queimado ou recuperado, v) o lançamento do efluente tratado de plantas anaeróbias produz N₂O.

As estimativas de metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) são calculadas para cada ETE.

4.2.1.1 Metano CH₄

No processo anaeróbio a emissão de metano pode ocorrer em diversas etapas do tratamento de esgoto. No tratamento preliminar, onde material grosseiro e areia são removidos, poderá ocorrer a emissão de metano na própria estação de tratamento caso o material removido não tenha um acondicionamento adequado e este sofra uma digestão anaeróbia. Normalmente o material removido é armazenado em caçambas cobertas e logo é destinado para aterro sanitário, configurando-se como uma emissão indireta do Escopo 3. No tratamento primário e secundário, onde ocorre o processo de digestão anaeróbia, há a emissão de gás metano como sub-produto da degradação bacteriológica da matéria orgânica. A estimativa de emissão de CH₄ por tratamento anaeróbio de efluentes domésticos é definida pela equação abaixo, adaptada do IPCC (2006):

$$Emiss\tilde{a}oCH_4 = \left[\sum_{i,j} (U_i * T_{i,j} * B_o * MCF_j * \eta_j) \right] * (DBO * Q * 86.400 * 0,000001 * 0,001 * 365 * I - S) - R \quad (1)$$

onde:

Emissão CH₄ = [kgCH₄ / ano]

U_i = fração da população na classe social i no ano de inventário [%];

T_{i,j} = grau de utilização do sistema de tratamento j, para cada classe social i no ano de inventário [%];

B₀ = máxima capacidade de produção de metano [kgCH₄ / kgDBO];

MCF_j = fator de correção do metano [adimensional];

i = classe social, considera-se apenas zona urbana;

j = cada sistema de tratamento;

η_j = eficiência teórica de cada etapa de tratamento j da ETE balizada com eficiência média total monitorada no ano de inventário [%];

Q = vazão média anual da ETE no ano inventariado [L/s];

DBO = DBO média do afluente monitorada no ano inventariado [mg/L];

I = fator de correção pelo descarte adicional de esgoto industrial na rede de esgoto [se coletado, o valor médio é 1,25, se não for coletado, o valor médio é 1,00];

S = componente orgânico removido no lodo no ano de inventário (quando não se dispõe de dado específico, o método recomenda utilizar zero) [kgDBO / ano];

R = quantidade de CH_4 recuperado pelo sistema de tratamento no ano de inventário [kg CH_4 / ano].

Os dados de monitoramento são extraídos da Declaração de Carga Poluidora (DCP. Os fatores padrões, para uma abordagem de nível 1, são encontrados nos quadros 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5 do Capítulo 6 do guia do IPCC (2006). Os demais parâmetros da equação (1) foram definidos com base na literatura, conforme Tabelas 3, 4 e 5.

TABELA 3 – PARÂMETROS PARA CÁLCULO CH_4 EM ETES

Parâmetro	Valor / Unidade	Justificativa
U	100%	Por mais que a companhia receba efluentes de diferentes classes sociais, o tipo de tratamento será sempre o mesmo.
T	100%	Considera-se que todo efluente coletado é tratado.
B_o	0,6 kg CH_4 / kgDBO	IPCC, 2006. Cap. 6, p.12.
S	0	Quando não se dispõe de dado específico, o método recomenda utilizar zero.
I	1	Consideram-se apenas efluentes domésticos.

TABELA 4 – FATOR MÉDIO DE CONVERSÃO DE CH_4

Etapa de Tratamento	MCF
Reator anaeróbio ou Digestor de lodo	0,8
Fossa ou vala	0,5
Lagoa anaeróbia ou facultativa	0,8
Filtro anaeróbio	0,8
Filtro biológico aeróbio / Filtro biológico percolador “mal operado”	0,3
Filtro aerado submerso “mal operado”	0,3
Lodo ativado convencional ou de aeração prolongada mal operado	0,3
Etapa aeróbica bem operada	0,0
Saída	0,1

FONTE: Adaptado de IPCC (2006).

TABELA 5 – EFICIÊNCIA MÍNIMA POR ETAPA DO TRATAMENTO DE EFLUENTES

Etapa de Tratamento	η (Etapa única)	η (Pós-tratamento)
Reator anaeróbio	0,6	-
Fossa ou vala	0,68	-
Lagoa anaeróbia ou facultativa	0,75	0,375
Filtro anaeróbio	-	0,375
Filtro biológico aeróbio / Filtro biológico percolador	-	0,5
Filtro aerado submerso	-	0,575
Flotação por ar dissolvido	-	0,575

Lodo ativado de aeração prolongada	0,9	0,575
Lodo ativado convencional	0,85	0,575

FONTE: Adaptado de Von Sperling (2005).

O método do IPCC (2006) permite reduzir da quantidade total de CH₄ gerado, a parcela que é queimada ou utilizada para fins energéticos. Dessa forma, foi considerado que s ETE que possui *flare* seja ele enclausurado ou aberto com ignição automática evita parte das emissões de CH₄, emitindo CO₂ biogênico. As informações referentes à existência de queimadores automáticos e o funcionamento dos mesmos (fator manutenção) foram obtidas junto aos coordenadores industriais das gerências regionais da companhia.

A quantidade de CH₄ recuperado pelos queimadores nas ETEs foi obtida pela equação:

$$R = (B_o * MCF_j) * (Q * DBO * 86.400 * 0,000001 * 0,001 * 365 * \eta_j * I) * ((1 - perda) * T_{manu} * \eta_q) \quad (2)$$

onde:

B₀ = máxima capacidade de produção de metano [kgCH₄ / kgDBO];

MCF_j = fator de correção do metano do reator anaeróbio [adimensional];

Q = vazão média anual da ETE no ano inventariado [L/s];

DBO = DBO média do afluente monitorada no ano inventariado [mg/L];

D_j = eficiência teórica do reator anaeróbio;

I = fator de correção pelo descarte adicional de esgoto industrial na rede de esgoto [se coletado, o valor médio é 1,25, se não for coletado, o valor médio é 1,00];

Perda = corresponde às perdas de biogás no meio líquido, que segundo Souza (2010) chega a 38%;

T_{manu} = fração anual corresponde ao tempo que o queimador ficou sem funcionar ao longo do ano inventariado [%];

η_q = corresponde à eficiência do queimador, para equipamentos não enclausurados de combustão incompleta é em torno de 50%, para queimadores enclausurados 99% e para motogeradores 80% segundo fornecedores UNFCCC (2012a), MCT (2010), FOKAL (2015).

Por fim, a fim de se obter a emissão em termos de gás carbônico equivalente (CO₂e), unidade de medição de GEE deste inventário, multiplicou-se o valor obtido para as emissões de metano por 28, valor correspondente ao seu Potencial de Aquecimento Global (GWP) em relação ao gás carbônico (*IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013 – AR5*).

4.2.1.2 Óxido nitroso (N₂O)

A formação de óxido nitroso ocorre pela degradação de compostos nitrogenados, durante os processos de nitrificação /desnitrificação, de forma direta ou indireta. A forma direta se dá na própria estação de tratamento de esgoto, dependendo do processo adotado. A forma indireta ocorre quando do lançamento do esgoto doméstico tratado em cursos d'água, lagos ou mar.

Nos sistemas da Sanepar, a formação de óxido nitroso ocorre pelas duas maneiras. Diretamente em processos aeróbios, como na ETE Belém, em Curitiba. E de forma indireta pelas estações anaeróbias, quando o efluente é lançado nos corpos d'água.

O nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) usa o peso molecular de apenas átomos de nitrogênio. Sendo assim, a estimativa de emissão indireta de N_2O por tratamento anaeróbio de efluentes domésticos corresponde a equações 6.7 IPCC (2006):

$$\text{Emissão indireta } \text{N}_2\text{O} = N_{\text{efluente}} * EF_{\text{efluente}} * \frac{44}{28} \quad (3)$$

onde:

Emissão indireta de N_2O = [kg N_2O / ano];

N_{efluente} = Nitrogênio do efluente eliminado no corpo receptor [kgN/ano];

EF_{efluente} = fator de emissão para as emissões indiretas provenientes de plantas anaeróbias [kg N_2O / kgN].

A estimativa de emissão direta de N_2O por tratamento aeróbio de efluentes domésticos corresponde a equações 6.9 do IPCC (2006):

$$\text{Emissão direta } \text{N}_2\text{O} = P_{\text{trat}} * T_{\text{planta}} * F_{\frac{\text{ind}}{\text{com}}} * EF_{\text{planta}} \quad (4)$$

onde:

Emissão direta de N_2O = [tonelada N_2O /ano];

P_{TRAT} = população atendida pela planta de tratamento [habitantes] calculada pela proporção pela vazão;

T_{PLANTA} = grau de utilização da planta [%];

$F_{\text{IND/COM}}$ = fator de ajuste para contribuição de esgoto industrial e comercial [adimensional];

EF_{PLANTA} = fator de emissão para as emissões diretas provenientes de plantas aeróbias [g N_2O /hab.ano].

A população atendida por cada planta é calculada por meio da equação a seguir:

$$P_{\text{TRAT}} = \frac{\text{Economias}_{\text{esgoto}} * \text{NHD} * Q}{\sum Q} \quad (5)$$

onde:

P_{TRAT} = População do sistema de tratamento com tratamento no ano de inventário [número de pessoas];

$\text{Economias}_{\text{esgoto}}$ = corresponde ao número de economias com esgoto coletado e tratado no município [número de economias];

NHD = é o número de habitantes por domicílio [número de habitante/economia];

Q = vazão média anual da ETE no ano inventariado [L/s];

$\sum Q$ = somatório de vazões médias anuais das ETEs do município.

Para a estimativa das emissões de N_2O nas ETES foram definidos alguns parâmetros, conforme TABELA 6.

TABELA 6 – PARÂMETROS PARA CÁLCULO N_2O EM ETES

Parâmetros	Valor / Unidade	Fonte
$F_{IND/COM}$	1,25 / adimensional	IPCC, 2006, Cap. 6.3.1.2
$EF_{efluente}$	0,005 / kgN_2O / kgN	IPCC, 2006, Cap. 6.3.1.3
T_{PLANTA}	100 / %	IPCC, 2006, Cap. 6.3.1.3
EF_{PLANTA}	3,2 / $gN_2O/hab.ano$	IPCC, 2006, Cap. 6.3.1.3

Por fim, a fim de se obter a emissão em termos de gás carbônico equivalente (CO_2e), unidade de medição de GEE deste inventário, multiplicou-se o valor obtido para as emissões de óxido nitroso por 265, valor correspondente ao seu GWP pelo AR5 (IPCC, 2013).

4.2.2 Resíduos sólidos

A Sanepar atua em Cianorte e Cornélio Procópio com serviços de coleta e disposição final de resíduos sólidos urbanos, em Apucarana a Sanepar é responsável apenas pela disposição final dos resíduos sólidos domiciliares, os três municípios estão localizados no estado do Paraná.

Para a estimativa das emissões de CH_4 nos aterros sanitários foram utilizados, quando disponíveis, dados específicos dos locais.

No QUADRO 2 são apresentados os principais parâmetros específicos estabelecidos para o cálculo das emissões de metano nos aterros sanitários alimentados na ferramenta do GHG *Protocol*.

QUADRO 2 – PARÂMETROS ESPECÍFICOS DEFINIDOS PARA OS ATERROS SANITÁRIOS

Parâmetro	Premissas
Zona climática	Temperatura anual média e precipitação anual média para os municípios de Cianorte, Apucarana e Bandeirantes para Cornélio Procópio.
Quantidade total de resíduos sólidos municipais	Os dados operacionais de pesagem dos resíduos recebidos anualmente em cada aterro sanitário são disponibilizados pelas Gerências Regionais via IA/AMB/0170.
Composição dos resíduos encaminhados para disposição final	Os dados operacionais de cada aterro disponibilizados pelas Gerências Regionais via IA/AMB/0170. O índice de atendimento de coleta de resíduos na área urbana é de 100%, além disso 100% dos resíduos coletados são encaminhados para a área de disposição final nos 3 aterros.
Qualidade do local de disposição dos resíduos Fator de correção de metano (MCF) e Fator de Oxidação do Metano (OX)	As 3 plantas são consideradas aterros sanitários, classificação por tipo D, pois possuem controle do aterramento de resíduo incluindo ao menos um dos seguintes métodos: (i) material de cobertura; (ii) compactação mecânica; ou (iii) nivelamento do resíduo. Sendo assim, $MCF=1$. Em função de não existirem dados específicos de difusão de metano através da camada de cobertura dos aterros operados, tampouco medições de emissões fugitivas (fissuras, rachaduras) nas células, foi utilizado o valor padrão recomendado para fator de oxidação do metano em aterros igual a 0,1 que reflete a quantidade de metano oxidada no solo ou em outro material que recubra o resíduo.
Metano Recuperado (R)	Como não há medição do metano recuperado pelos queimadores

	tipo <i>flare</i> , buscou-se estimativas de eficiência que se adequassem à realidade dos aterros operados pela Sanepar na literatura e no benchmarking. Por fim, foi adotada uma eficiência de 75% de captura de biogás e 50% para a queima em <i>flare</i> aberto.
--	--

As lagoas de tratamento de chorume se comportam da mesma forma que o tratamento de efluentes, e assim como no processo de tratamento de efluentes é utilizado a equação 1, para o cálculo das emissões provenientes do tratamento do chorume nas lagoas dos aterros. Os fatores padrões seguem os mesmos citados em tratamento de efluentes.

4.2.3 Combustão móvel e estacionária

A queima de combustíveis em veículos e equipamentos de propriedade da Sanepar também se constitui como fonte direta de emissões de gases de efeito estufa.

Para o cálculo das emissões provenientes da combustão móvel e estacionária foram considerados os dados de consumo de combustíveis dos relatórios consultados pelo sistema SSA Frota. Estes valores foram lançados na planilha Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0 disponibilizada pelo *GHG Protocol*.

4.2.4 Emissões fugitivas

Equipamentos como ar condicionado, refrigeradores, freezers e bebedouros utilizam gás refrigerante para seu perfeito funcionamento. O gás utilizado na maioria das vezes é responsável pela emissão de gases de efeito estufa.

Considerando que o levantamento desses dados leva em conta apenas questões patrimoniais, optou-se por utilizar a triagem (opção 3) da ferramenta *GHG Protocol*. A triagem dá uma estimativa baseada em fatores de emissão e taxas de vazamento padrão dos equipamentos. Os fatores utilizados têm alto grau de incerteza e são extremamente conservadores, mas, o mais indicado quando não se tem estes dados levantados.

A ferramenta foi aplicada para cada aparelho de ar condicionado, extintor, refrigerador e bebedouro. Para aqueles equipamentos adquiridos a partir de 2012, ano em que os gases de efeito estufa começaram a ser utilizados no Brasil, foi considerado que o gás utilizado é o R-410A no caso do ar condicionado, enquanto que nos refrigeradores e bebedouros o gás foi HFC-134a, com seus respectivos GWP.

Já para os equipamentos adquiridos antes de 2011, quando eram utilizados gases não regulados pelo protocolo de Quioto, quando não há informações sobre o gás utilizado, considerou-se o HCFC-22 nos equipamentos de ar condicionado e refrigeradores, e CFC 12 nos bebedouros. Apesar de não serem gases de efeito estufa controlados pelo protocolo de Quioto, eles também são informados na plataforma e também em outros questionários de evidência ambiental.

4.2.5 Mudança do Uso e Ocupação do Solo (MUS)

Para execução de obras e melhorias nas estações de tratamento ou rede de abastecimento ou coletora, ocorrem eventuais desmatamentos. Nesse sentido, as chamadas mudanças no uso do solo podem gerar fluxos de CO₂ (emissões e remoções).

No contexto do PBGHGP, os fluxos de CO₂ devem ser quantificados e contabilizados nos inventários de emissão de GEE das organizações da seguinte maneira: As emissões de CO₂ referentes às conversões de vegetação nativa para qualquer outro tipo de uso do solo devem ser contabilizadas como emissões da categoria “Agrícolas e mudanças no uso do solo” (Escopo 1) ou nas categorias de Escopo 3, de acordo com cada situação. Estas emissões não devem, em hipótese alguma, ser classificadas como emissões de CO₂ biogênico, pois o carbono estocado na vegetação nativa é permanente perdido para a atmosfera com a mudança no uso do solo.

Para estimativa de CO₂ emitido pela remoção da vegetação, a equação 2.12 do Capítulo 2 do Volume 4 do IPCC (2006) foi adaptada para dados de área de acordo com o método utilizado pelo Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação no Terceiro inventário brasileiro de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. Sendo assim, para essa estimativa é utilizada a equação que segue:

$$P_{remoção} = A_R * B_R * CF \quad (6)$$

onde:

$P_{remoção}$ = Perda anual de carbono devido ao desmatamento [t C/ano];

A_R = Área de mata removida [ha/ano];

B_R = Biomassa acima do solo da fitofisionomia [t dm/ha];

CF = Fração de carbono contido na biomassa acima do solo [t C/ton dm].

TABELA 7 – PARÂMETROS PARA CÁLCULO CO₂ ORIUNDO MUS

Parâmetro	Valor / Unidade	Justificativa
B_R	190,96 t dm/ha	Valor para biomassa acima do solo Floresta Ombrófila Mista Aluvial, pg. 142 MCTI (2015)
CF	0,47 tC/t dm	Valor padrão IPCC (2006), quadro 4.3

A fração de carbono contido na biomassa abaixo do solo foi desconsiderada. Por fim, o valor encontrado de $P_{remoção}$ é multiplicado por 44/12 para encontrar as emissões em tCO₂e.

4.2.6 Biogênicas

Algumas atividades antrópicas emitem CO₂ por conta da transformação de estoques biológicos de carbono (vegetais, animais, algas, entre outros). O carbono presente em tais estoques biológicos foi removido da atmosfera através da fotossíntese, logo estas emissões não possuem impacto adicional na concentração deste GEE na atmosfera. Por este motivo, as emissões de CO₂ biogênico devem ser contabilizadas de maneira separada em relação às outras emissões de GEE, pois estas possuem impacto adicional nas concentrações de GEE na atmosfera.

Nas atividades da Sanepar há emissão de CO₂ biogênico por conta da combustão de biocombustíveis na frota e queima de biogás nas ETE e nos aterros sanitários. A contabilização das emissões de CO₂ biogênico está na subcategoria “Emissões de CO₂ biogênico” do Escopo 1.

4.2.7 Energia elétrica

As emissões indiretas de GEE provenientes do consumo de energia elétrica são contabilizadas no Escopo 2. Estas emissões são consideradas indiretas para o inventário, pois ocorrem quando da geração da energia elétrica, a qual é gerada em locais fora dos limites geográficos da Sanepar. Entretanto devem ser computadas, pois as atividades da Sanepar contribuem para a demanda de produção de energia elétrica.

Para o cálculo das emissões oriundas da compra de energia elétrica, foram obtidos os dados no Sistema de Gerenciamento de Faturas e disponibilizados pela GPDO. Estes valores foram lançados na planilha Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0. disponibilizada pelo *GHG Protocol*.

4.2.8 Escopo 3

Nos aterros operados pela companhia há serviços realizados por empresas terceirizadas, o contrato inclui locação de maquinário, combustível e manutenção dos equipamentos. Os dados de consumo para o cálculo de emissões são lançados na planilha Ferramenta_GHG_Protocol_v2022.1.0 na categoria TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO (*UPSTREAM*).

Para o cálculo das emissões provenientes de viagens a negócios foram considerados os dados de viagem encaminhados pela GGPINF (Gerência de Gestão Patrimonial e Infraestrutura). Na planilha estão lançados os dados de viagem, tanto aéreas quanto terrestres, realizadas por funcionários a serviço da empresa com dados de local de partida e de chegada que são utilizados para preencher a ferramenta *GHG Protocol*.

Os resíduos sólidos gerados na operação do tratamento de efluentes são lodo, resíduos de limpeza de grade, resíduos de desarenador e espuma. De acordo com a metodologia IPCC, 2006, Volume 4, Cap. 11. Para calcular o N presente no lodo, a quantidade de lodo destinado (agricultura e aterro) é multiplicada pelo percentual de N no lodo, nesse documento foi considerado 3% conforme Metcalf & Eddy 1997. Para o cálculo de emissões proveniente do lodo que vai para agricultura a quantidade de N presente no lodo é multiplicada pelo fator de conversão de nitrogênio em óxido nitroso foi considerado de 1%, conforme IPCC 2006, v5, Cap. 6.

Para os resíduos enviados para aterros, foi realizada uma pesquisa para saber qual o tipo do aterro e se possui recuperação de metano para lançamento na a ferramenta *GHG Protocol*.

4.3 Alterações na metodologia em relação aos anos anteriores

No IGEE relativo ao ano de 2021 foram mantidas as melhorias metodológicas realizadas em anteriormente. Até o inventário referente ao ano de 2015 era considerada a eficiência do processo unitário principal da ETE, em 2016 passou-se a considerar a eficiência composta por todas as etapas

de tratamento da ETE. Além disso, o CO₂ oriundo da queima de metano nos queimadores das ETES começou a ser contabilizado nas emissões biogênicas.

No IGEE referente às atividades de 2017, foram considerados dados de monitoramento das ETE ao invés de valores da literatura.

Em 2020 foram adquiridos dados mais acurados dos resíduos gerados nas ETE, então iniciou-se as estimativas das emissões do escopo 3 oriundas da destinação desses resíduos para aterros e lodo para agricultura. Além disso, analisando melhor a planilha da ferramenta do *GHG Protocol* para a categoria *Resíduos da operação* e a planilha da ferramenta *IPCC Waste Model* que é usada para os aterros próprios verificou-se que por falta de dados primários a queima do biogás pelos queimadores existentes nos aterros não vinha sendo considerada. Sendo assim, buscou-se estimativas de eficiência que se adequassem à realidade dos aterros operados pela Sanepar na literatura e no *benchmarking*, por fim, foi adotada uma eficiência de 75% de captura de biogás e 50% para a queima em *flare* aberto.

Em 2021 foram adicionadas ao Escopo 3 as emissões provenientes às viagens a negócio e a combustão do maquinário utilizado na operação dos aterros. Além disso, passou-se a calcular as emissões fugitivas pelo método de triagem de fontes e a considerar o valor do fator de oxidação (OX) dos aterros como 0,1, valor utilizado para aterros bem manejados. Nas emissões indiretas de N₂O provenientes do tratamento de efluentes modificou-se o uso de padrões e fatores da literatura por dados de monitoramento de nitrogênio do efluente. Com essas alterações foi necessário o recálculo das emissões reportadas em anos anteriores.

Em 2022 foram revistas algumas premissas de cálculo na escolha de MCF em etapas aeróbicas da estimativa de metano proveniente do tratamento de efluentes, e, portanto, foi necessário recálculo. Além disso, considerando dados incompletos das manutenções de equipamento com emissões fugitivas, voltou-se a adotar o método de triagem (TIER 3), com utilização de valores default de perdas do IPCC, que são mais conservadores.

5 RESULTADOS

As atividades da Sanepar foram responsáveis pela emissão direta de 1.016.529,4 tCO₂e, 92.666 tCO₂e de emissões indireta no Escopo 2, 10.496,6 tCO₂e de emissões indireta no Escopo 3 e 335.670,85 tCO₂e de emissões biogênicas no escopo 1 em 2021. No Apêndice 1 contém uma tabela resumo de todas as emissões por categoria e por fonte.

TABELA 8 – RESUMO DOS RESULTADOS DO IGEE 2021

Escopo	Emissões consolidadas (tCO₂e)	Biogênicas
Escopo 1	1.016.529,40	335.670,85
Escopo 2	92.666,00	
Escopo 3	10.496,63	7.032,67
Indicadores de Produtividade e Intensidade Carbônica		
kg CO ₂ e de emissões diretas* / m ³ de esgoto tratado		2,59
kg CO ₂ e processo RS / t de resíduo sólido destinado		707,71
kg CO ₂ e de emissões diretas* / população atendida com tratamento de esgoto		100,19
kg CO ₂ e de emissões indiretas* / m ³ de água produzida		0,12

*As emissões oriundas do processo de tratamento de resíduos sólidos foram expurgadas.

5.1 Emissões Diretas

Como já era esperada, a atividade da Sanepar que mais emite GEE, é o tratamento de efluentes responsável por 92,54% das emissões diretas. A disposição final de resíduos sólidos urbanos é responsável por 4,41% das emissões diretas, enquanto o consumo de combustíveis pela frota por 0,50%, as fontes estacionárias por 0,02%. As emissões fugitivas representam 1,13% e a mudança de uso e ocupação do solo por 1,4% das emissões diretas da companhia. O gráfico 1 representa as emissões diretas por categoria.

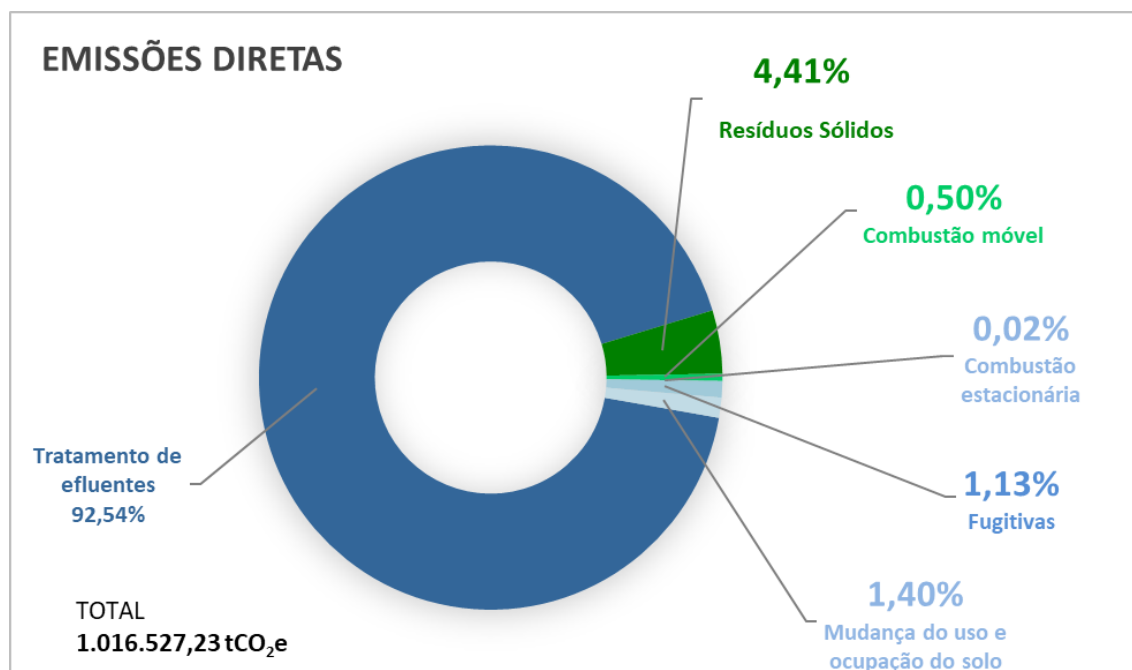


Gráfico 1 – Emissões diretas por categoria – Escopo 1

A figura 1 mostra a comparação entre as regionais da Sanepar em relação às emissões diretas (Escopo 1).

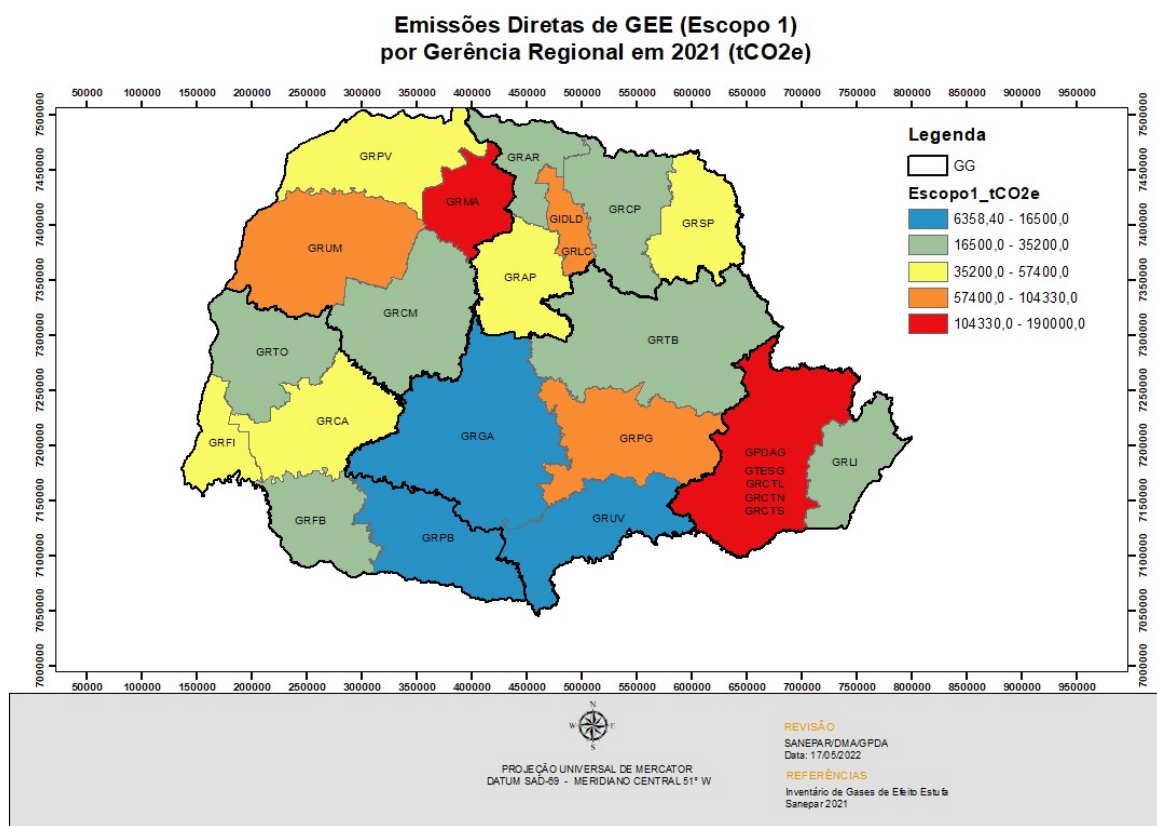


Figura 1 – Emissões diretas por GR [tCO₂e]

5.1.1 Tratamento de esgoto (CH₄ e N₂O)

Em 2021 a Sanepar tratou em suas ETEs 375.586.933 m³ de esgoto. A emissão de metano proveniente dessa atividade foi estimada em 32.297,62 toneladas ou 904.333,37 tCO₂e. A figura 2 apresenta a grandeza das emissões de metano nas ETE da companhia

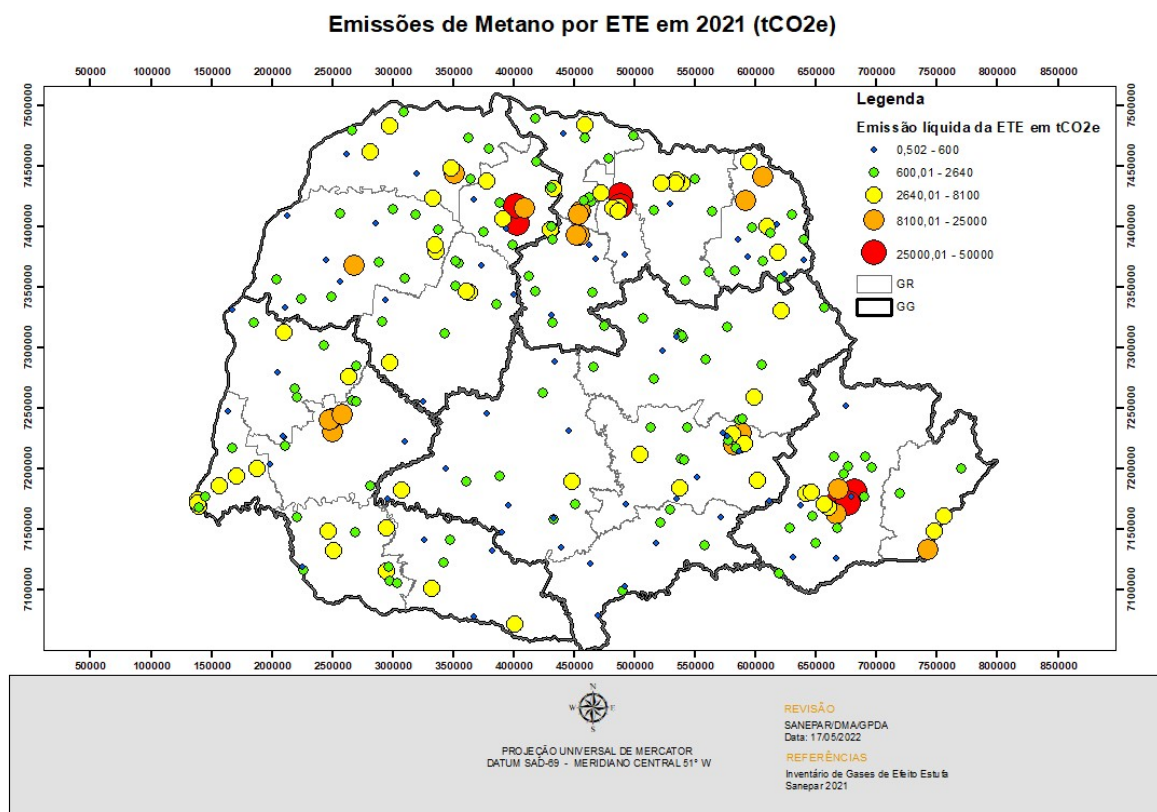


Figura 2 – Emissão de metano por ETE [tCO₂e]

A redução das emissões de GEE obtida pela queima do biogás através de queimadores nos reatores anaeróbios e nos biodigestores de lodo foi estimada em 26,8%, o que representou um abatimento de aproximadamente 331.117,90 tCO₂e através do uso destes dispositivos.

O percentual de redução obtido está diretamente relacionado: (a) a quantidade de ETEs equipadas com queimadores com ignição automática, (b) o percentual de perdas de metano no meio líquido, (c) a eficiência de queima dos queimadores que é aplicada sobre o percentual de metano recuperado e (d) o tempo de funcionamento do equipamento, quando não estava parado em manutenção.

Em 2021, 206 ETEs estavam equipadas com queimadores de ignição automática, o que representa 89,2% das ETEs com reatores anaeróbios. A maioria das ETE da região metropolitana de Curitiba possuem queimadores enclausurados que operaram com alta eficiência.

Foi realizado um levantamento nas estações e diagnosticado que nem todos os queimadores estão em pleno funcionamento, sendo assim, no cálculo de metano evitado foi considerado um fator de tempo de funcionamento. A média de funcionamento dos queimadores foi de 7,2 meses em 2021.

Os processos aeróbios das ETEs produziram diretamente 17,57 toneladas de óxido nitroso no ano de 2021, ou 4.655,68 tCO₂e. Os processos anaeróbios das ETEs emitiram indiretamente 119,72

toneladas de óxido nitroso referente ao lançamento do efluente tratado nos corpos hídricos dessas ETEs, ou 31.725,12 tCO₂e.

As emissões de metano e óxido nitroso oriundas do tratamento de efluentes representam 92,54% das emissões diretas.

5.1.2 Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos (CH₄)

As emissões de metano provenientes das áreas de disposição final de RSU operadas pela Sanepar representam a segunda maior fonte de emissões do escopo 1 da companhia, com tendência a aumentar sua representatividade.

Em 2021 as emissões dessa atividade foram estimadas em 44.861,62 tCO₂e, referente à destinação de 63.389,53 toneladas de resíduos sólidos dispostos nos 3 aterros, ao tratamento do chorume nas lagoas anaeróbias e aos resíduos ainda em decomposição de anos anteriores. Os queimadores biogás reduziram 37,5% das emissões, e geraram 2.469,85 tCO₂ de emissões biogênicas.

5.1.3 Combustão móvel e estacionária (CO₂, CH₄ e N₂O)

O consumo de combustível na frota da companhia representou uma emissão de 5.037,92 tCO₂e conforme detalhado na Tabela 09. A figura 3 mostra a comparação entre as regionais da Sanepar em relação às emissões oriundas somente do consumo de combustível pela frota.

TABELA 09: EMISSÕES COMBUSTÃO MÓVEL

Tipo de combustível	Consumo	Emissões tCO₂e	Emissões biogênicas
Etanol	794.613,46 l	35,65	1.157,75
Gasolina	1.545.921,57 l	2.606,08	636,88
Diesel	1.008.286,61 l	2.395,59	269,57
GLP	260,01 kg	0,6	0,07

mantidos 1.290 estão em operação. Foram levantados 1336 cilindros de extintor a CO₂ em 2021. Utilizando o método de triagem do GHG, sendo bem conservador, todos esses equipamentos representaram em 2021 a emissão de 11.502,89 tCO₂e.

5.1.5 Mudança do Uso e Ocupação do Solo (MUS)

Em 2021, o corte de árvores provenientes de obras e manutenções foi responsável pela emissão de 14.229,33 tCO₂e.

5.2 Emissões Indiretas

5.2.1 Compra de eletricidade do Sistema Interligado Nacional (SIN)

Nos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e processos administrativos foram consumidos 734.164,205 MWh. Desta forma, as emissões decorrentes do consumo de energia elétrica nas atividades da Sanepar em 2021, foram de 92.666,00 tCO₂e.

Analisando as emissões do Escopo 2 pelo gráfico 2, observa-se que a produção de água é responsável por 55,71% do consumo de energia elétrica, a distribuição da água por 31,23%, a coleta e tratamento de efluentes por 11,09% e as atividades administrativas por 1,96 e a operação dos aterros por 0,004%. Por meio da figura 4 é possível verificar uma comparação entre as regionais da companhia em relação às emissões indiretas, Escopo 2.

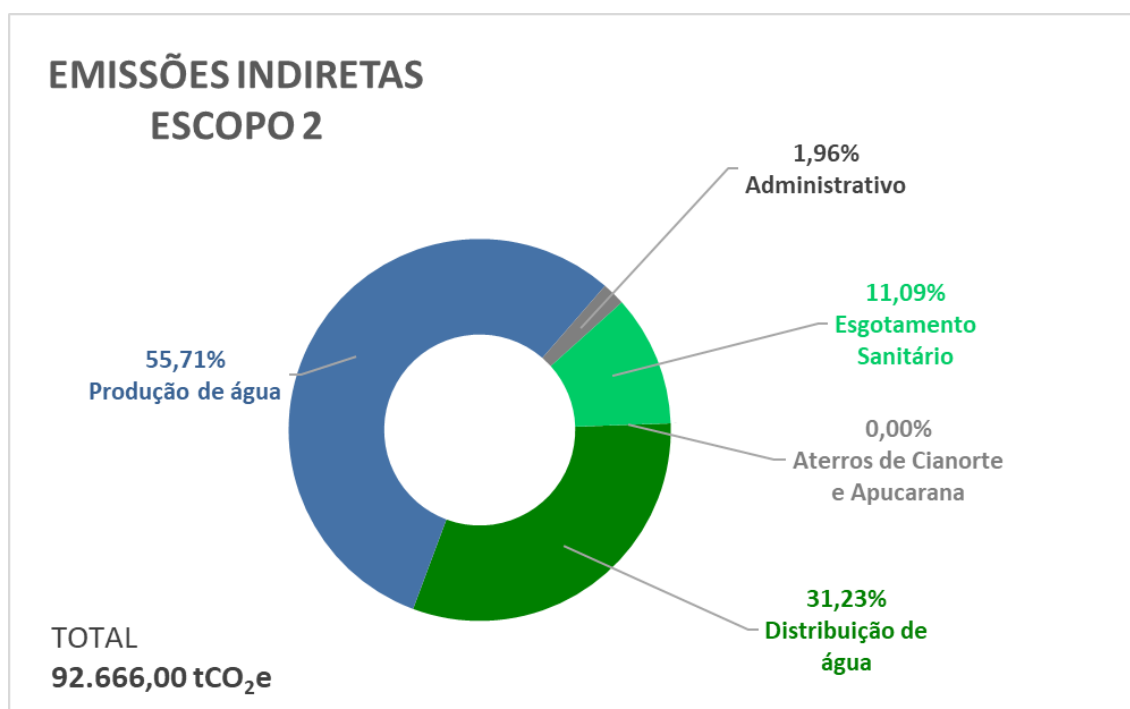


Gráfico 2 – Emissões Indiretas – Escopo 2

A figura 4 mostra a comparação entre as regionais da Sanepar em relação às emissões indiretas (Escopo 2) oriundas do consumo de energia.

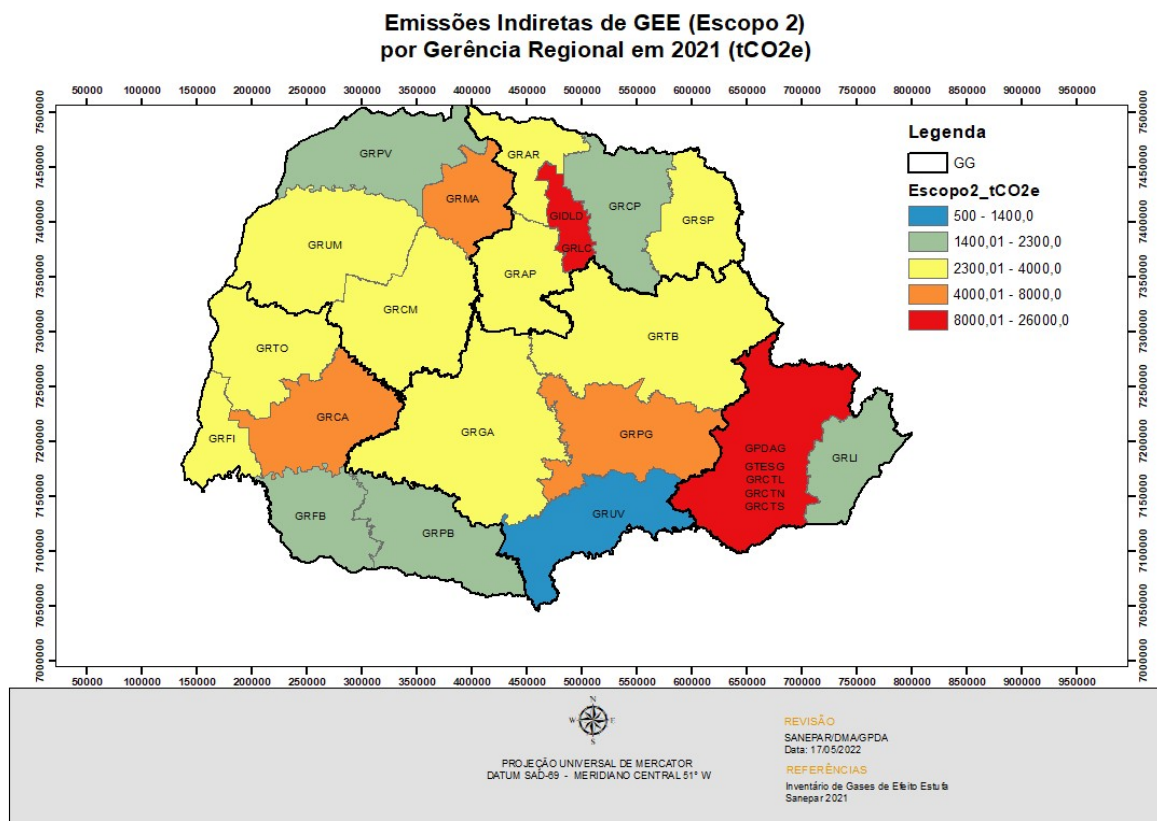


Figura 4 – Emissões indiretas por GR (tCO₂e)

5.2.2 Transporte e distribuição (upstream) | Resíduos gerados nas operações | Viagens à negócio

O consumo de combustível pelos equipamentos utilizados na operação dos aterros sanitários foi responsável por 632,62 tCO₂e de emissões indiretas.

Segundo a Gerência de Produção de Esgoto (GPEG), em 2021, foram destinadas 16.942,65 toneladas de lodo para a agricultura. A destinação dos resíduos gerados no processo esgoto tanto para agricultura quanto para aterros foram responsáveis por 9.830,36 tCO₂e de emissões indiretas. E as viagens à negócios por 33,73 tCO₂e, totalizando 10.496,7 tCO₂e de emissões indiretas.

Analisando as emissões do Escopo 3 pelo gráfico 3, observa-se que a geração de resíduos na operação é responsável por 93,65% das emissões estimadas até o momento, transporte e distribuição por 6,03% e viagens à negócio por 0,32%.

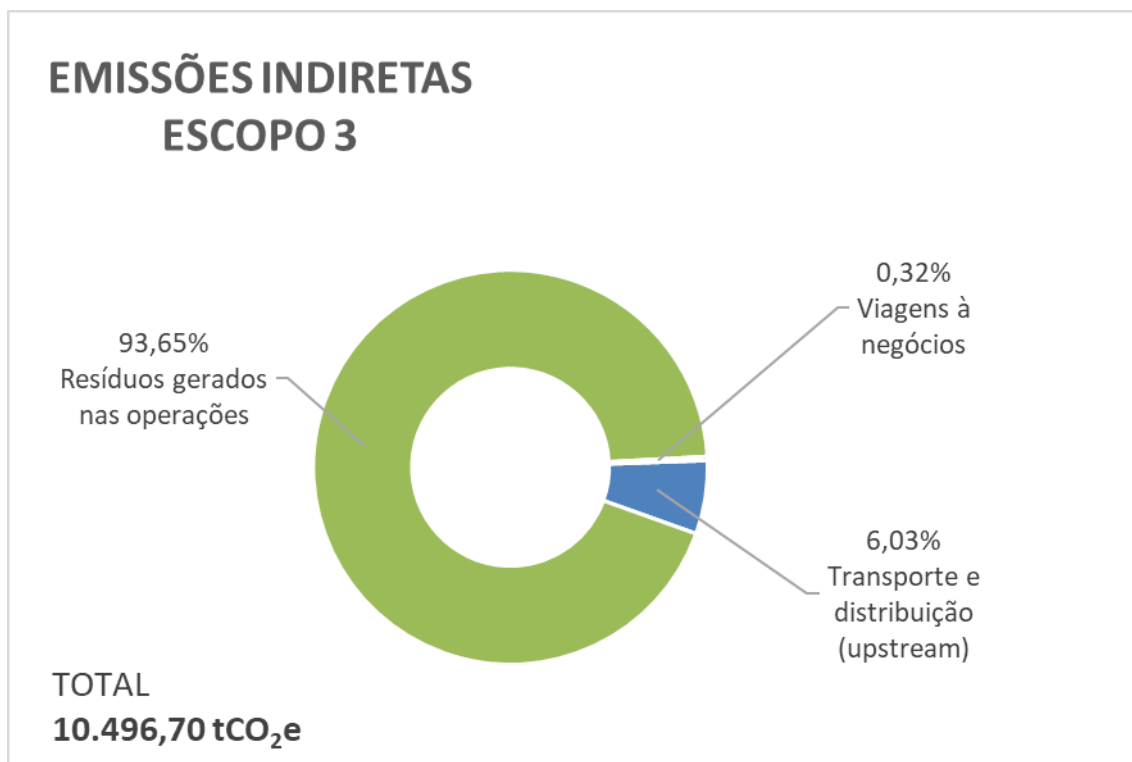


Gráfico 3 – Emissões Indiretas – Escopo 3

5.3 Emissões biogênicas

As emissões biogênicas da Sanepar correspondem à queima de biocombustíveis na frota da companhia e ao metano evitado pelos queimadores e lançado em forma de CO₂, em 2021 foram emitidas 335.670,845 tCO₂e diretas (escopo 1) e 7.032,67 tCO₂e indiretas (escopo 3).

5.4 Comparativo das Emissões

Os gráficos seguintes mostram a evolução das emissões e dos indicadores de intensidade carbônica das atividades da Sanepar entre os anos 2016 e 2021. Estes valores apresentados são diferentes dos Inventários disponibilizados no Registro Público. Os valores a seguir correspondem aos recálculos dos anos 2016 a 2020 com a metodologia aplicada em 2021, inclusive com a atualização do GWP para o AR5.

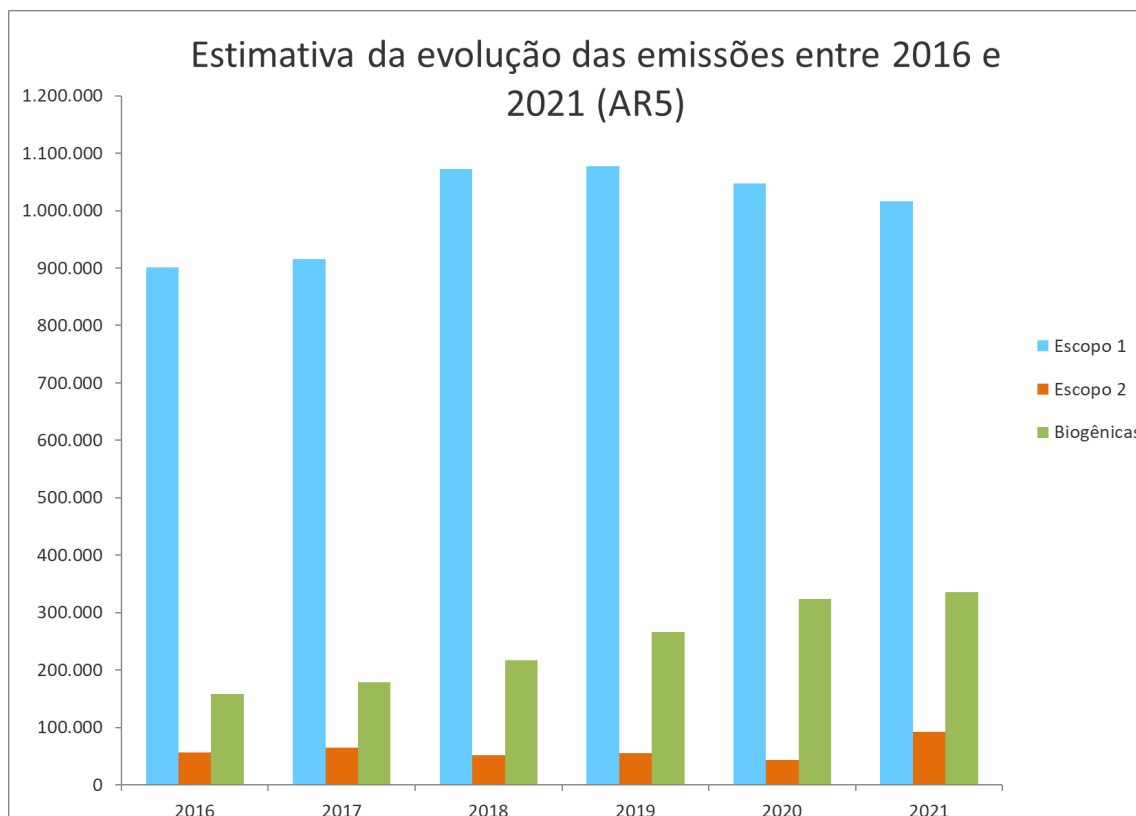


Gráfico 4 – Comparativo entre as emissões em anos anteriores por escopo [tCO₂e]

No Gráfico 4 foram apresentadas as emissões do Escopo 1, 2 e biogênicas. Em comparação com o último IGEE (2020) recalculado, em 2021 houve redução de 3% nas emissões do Escopo 1. Como as emissões oriundas do tratamento de efluentes correspondem a mais de 90% das emissões diretas, essa categoria é a que mais contribui para a diferença entre os anos analisados, conforme pode ser visto no Gráfico 5, onde as emissões diretas ao longo do tempo, estão representadas por categoria.

No processo anaeróbio há emissão de metano como subproduto da degradação bacteriológica da matéria orgânica, sendo assim quanto maior for a eficiência da planta e a carga tratada mais biogás é gerado, conforme mostra a fórmula do item 4.2.1.1.

As variáveis que contribuíram para a pequena variação de 3% nas emissões diretas foram o aumento de 3% da população atendida com rede de coleta de esgoto entre 2020 e 2021, a redução de 5% na carga média recebida nas estações, o aumento de 2% na eficiência de tratamento. O produto desses parâmetros indica uma redução de 4% em relação ao ano anterior nesta categoria.

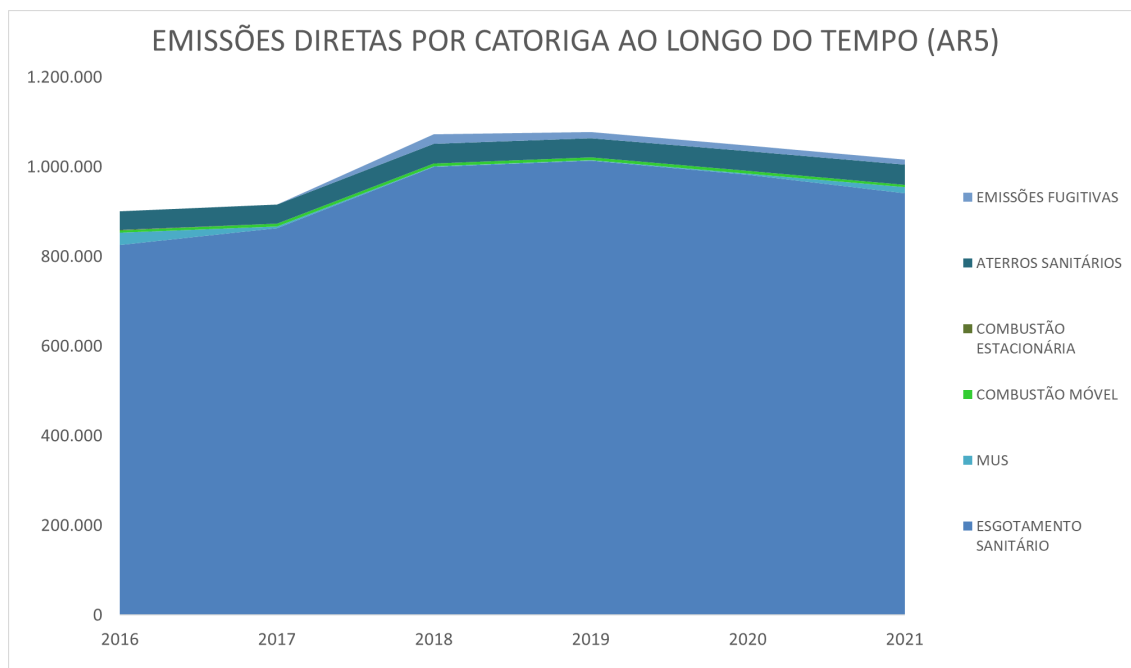


Gráfico 5 –Emissões diretas em anos anteriores por categoria do Escopo 1 [tCO₂e]

No Gráfico 6 é apresentado o indicador de produtividade relacionado com a quantidade de esgoto tratado. A alteração nesse indicador se deve, a princípio, a muitas variáveis como cobertura dos serviços de coleta e tratamento de efluentes, carga orgânica de entrada, eficiência da ETE e quantidade de flares em operação.

Entre 2016 e 2021 a população atendida aumentou 34%, enquanto o volume de esgoto tratado aumentou 11%, essa diferença se dá, pois, o volume de esgoto tratado é um percentual do volume medido de água por economia, fato que nem sempre reflete o volume que chega na ETE. Como cada rede coletora de esgoto tem uma taxa de infiltração da água de chuva, que influencia na concentração de DBO e na vazão, o indicador nem sempre mostra a eficiência de produtividade.

Com o amadurecimento do processo de gestão as emissões de gases de efeito estufa da companhia essa variação será analisada melhor, assim como a incerteza do volume de esgoto coletado.

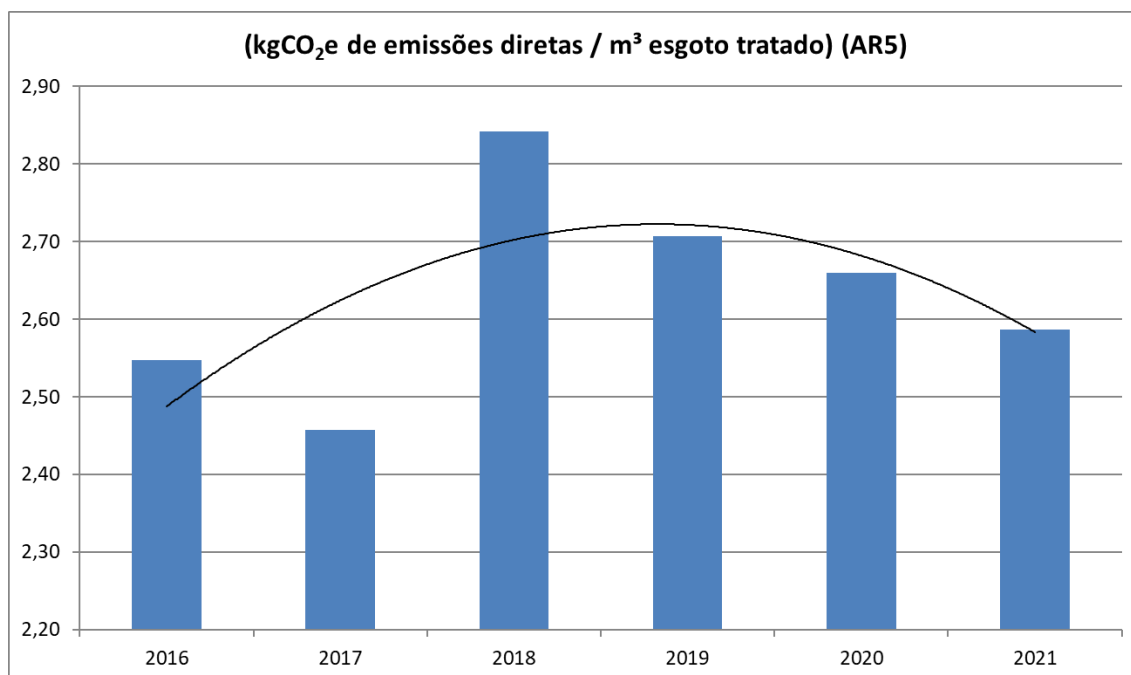


Gráfico 6 – Comparativo entre anos anteriores do indicador de emissões diretas por volume de esgoto tratado [kgCO₂e/m³ esgoto tratado]

No Gráfico 7 é apresentado o indicador de produtividade relacionado com a quantidade de água tratada. A alteração nesse indicador se deve principalmente às variações no fator de emissão do SIN. Enquanto o consumo de energia teve um aumento de 6,6%, o volume de água produzida teve um aumento de 1,6%, o fator de emissão por sua vez aumentou 64,6% em relação ao ano base (2016).

O consumo de energia elétrica aumentou 2,6% em relação a 2020, e as emissões do Escopo 2 tiveram um aumento de 111,2%. Isso ocorreu devido ao aumento do 104,8% no fator de emissões do Sistema Interligado Nacional (SIN), que foi mais dependente de produção de energia não renovável.

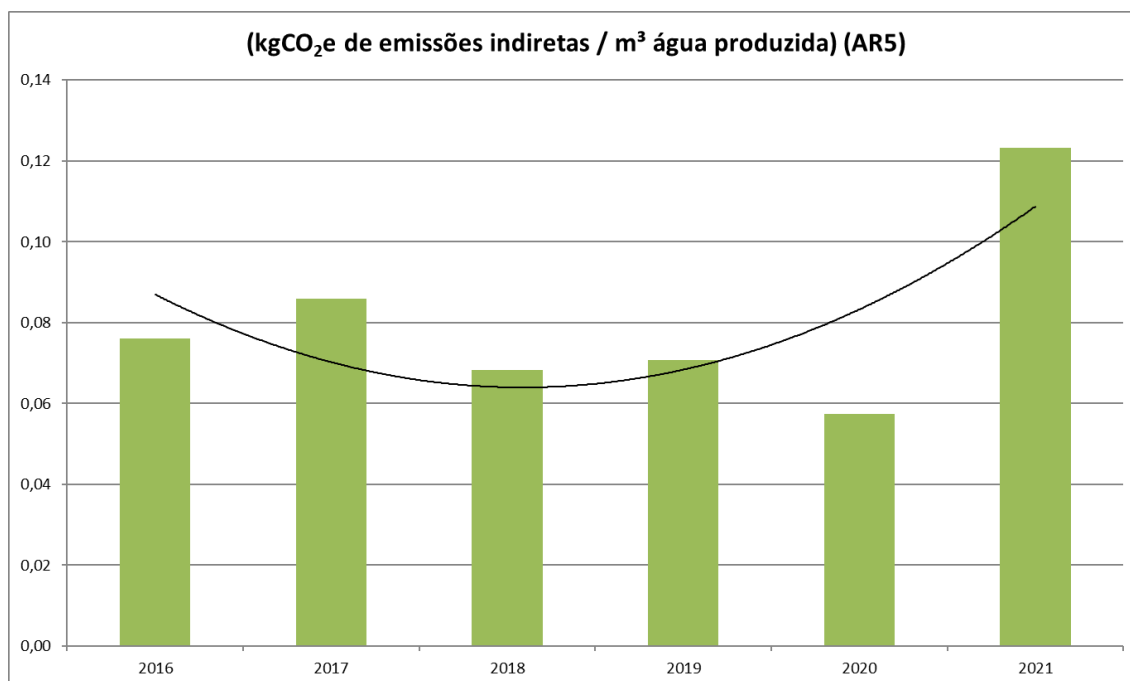


Gráfico 7 – Comparativo entre anos anteriores do indicador de emissões indiretas por volume de água produzida [kgCO₂e/m³ água produzida]

Devido à grande variação do fator de emissão do SIN, o gráfico 8 foi elaborado com o consumo de energia ao longo dos anos.

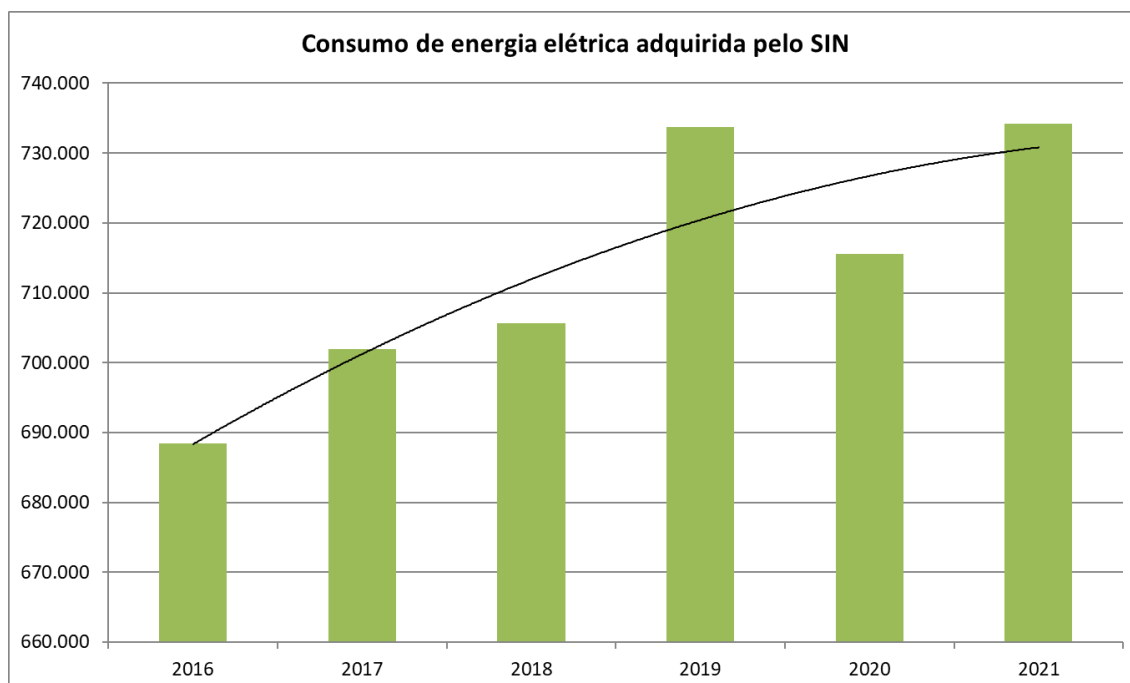


Gráfico 8 – Comparativo entre anos anteriores do consumo de energia elétrica (MWh)

O Gráfico 9 mostra a evolução do indicador de produtividade para a atividade de gestão de resíduos sólidos urbanos. O aumento na quantidade de resíduos sólidos dispostos anualmente nos aterros foi de 10% em relação ao ano base (2016), enquanto o aumento das emissões foi de 9%

desse processo. O crescimento do indicador é natural, pois os resíduos aterrados no passado continuam em degradação, emitindo metano.

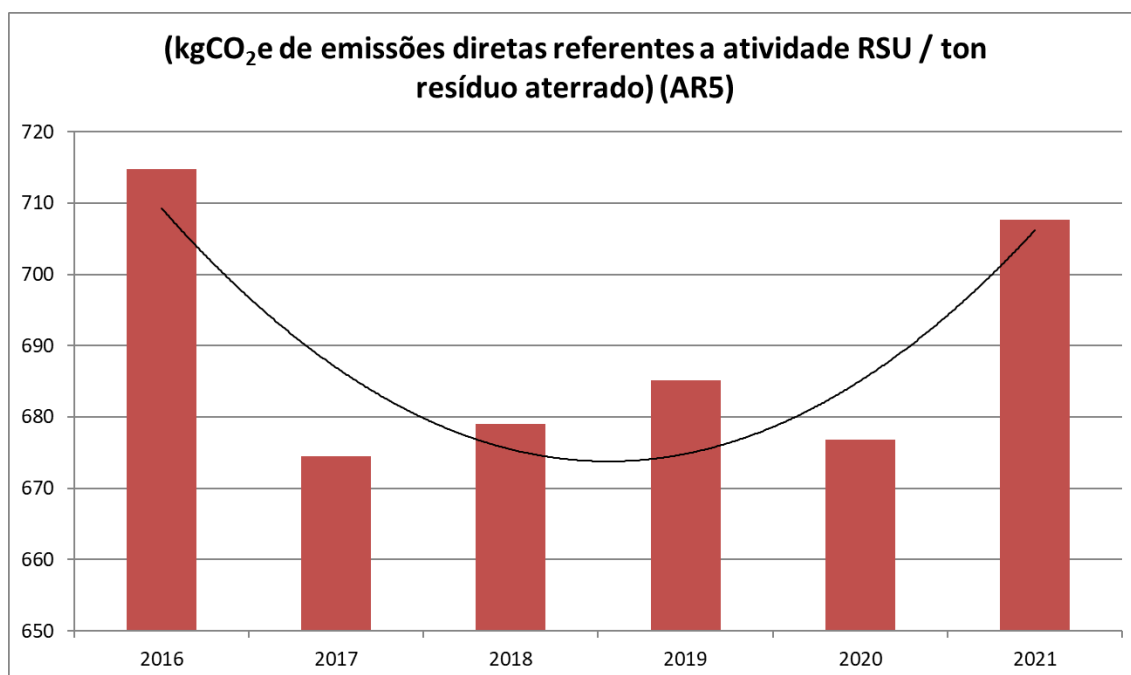


Gráfico 9 – Comparativo entre anos anteriores do indicador de emissões diretas por quantidade de resíduos sólidos tratados [kgCO₂e/t]

Por fim, o Gráfico 10 mostra a evolução do indicador de intensidade em relação a população atendida. Assim como o indicador de produtividade por volume de esgoto tratado, que foi de 100,19 kgCO₂e/habitantes esse indicador varia de acordo com cobertura dos serviços de coleta e tratamento de efluentes, carga orgânica de entrada, eficiência da ETE e com a quantidade de *flares* em operação.

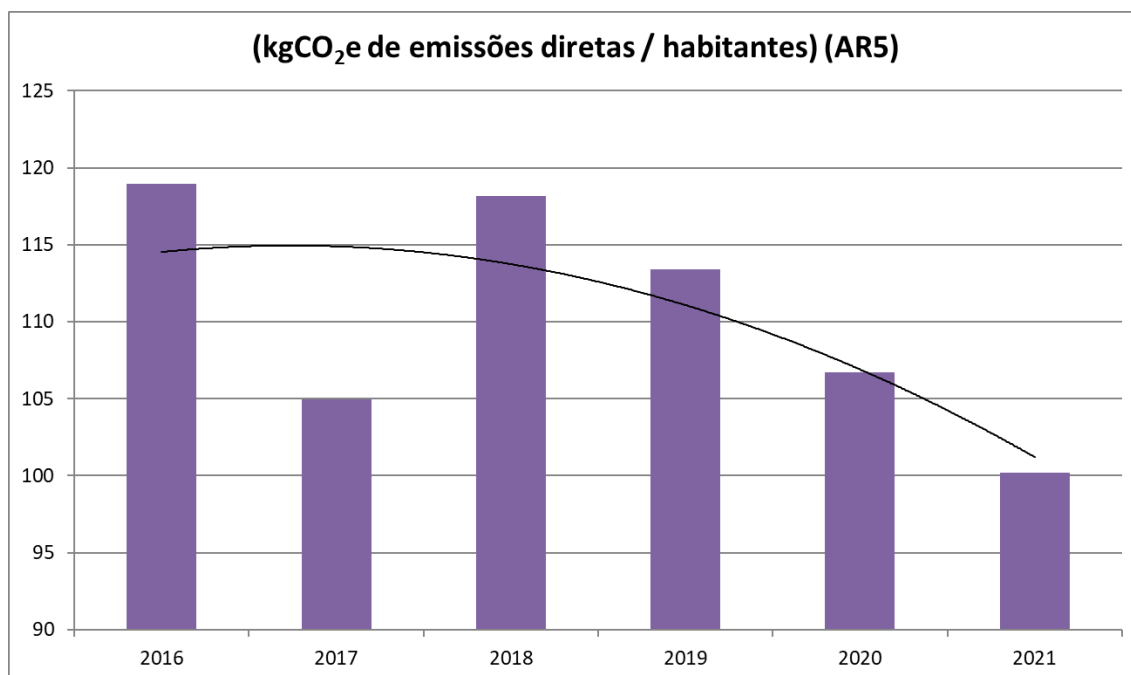


Gráfico 10 – Comparativo entre anos anteriores do indicador de emissões diretas pela população atendida com coleta de esgoto [kgCO₂e/hab]

A Figura 5 mostra esse indicador, de intensidade em relação à população atendida para cada gerência regional em 2021, as classificações azul e verde mostram as GR que tiveram um desempenho em emissões melhor ou igual ao valor corporativo de 100,19 kgCO₂e/hab.

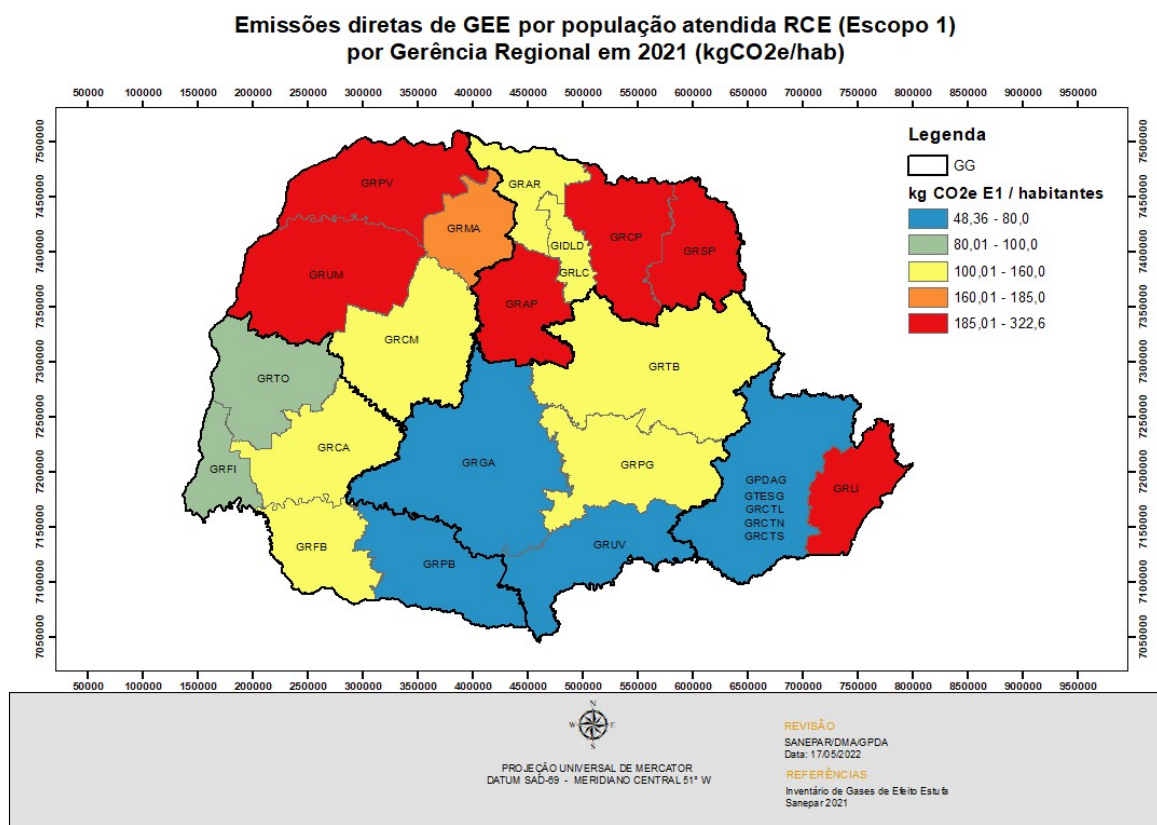


Figura 5 – Emissões diretas por habitante para cada GR (kgCO₂e/hab)

Neste caso, é importante salientar a participação da GTESEG que contribuiu para a melhoria do indicador corporativo, responsável pelo tratamento de 36,6% do volume de esgoto tratado na empresa, a GTESEG instalou queimadores enclausurados de alta eficiência em suas ETEs, e atingiu um indicador de 48,36 kg CO₂e de emissões diretas / habitantes enquanto a média do restante das GRs foi de 100,19 kg CO₂e de emissões diretas / habitantes.

Também cabe destacar as ETEs Pindaúvina em Ivaiporã, ETE Oeste em Cascavel e ETE Figueira em Figueira que não possuíam queimadores no último IGEE e que agora possuem e eles estavam em funcionamento durante todo o ano de 2021. Outras ETEs que merecem atenção, tinham queimador em 2020 mas não funcionavam e em 2021 passaram a funcionar: ETEs km119 em Campo Mourão (50% do tempo), ETE Rio Claro em Araruna (50% do tempo), ETE Alvorada em Maringá (75% do tempo), ETE Ventania em Ventania (75% do tempo), ETE Polo I em Carambeí (75% do tempo) e ETE Lajeado em Sapopema (100% do tempo). Cabe ressaltar ainda que no IGEE anterior, em 2020, 24 ETEs relataram o não funcionamento do queimador, e em 2021 houve um aumento, foram 39 ETEs que relataram o não funcionamento do queimador.

Esse levantamento mostra o quanto é importante manter essa medida em funcionamento nas estações. O histórico das emissões evitadas pelo uso de queimadores nos reatores anaeróbios está representado no Gráfico 11. Observa-se uma maior quantidade de emissões evitadas a partir de 2019, quando entraram em operação queimadores de alta eficiência em algumas ETEs da GTESEG.

Além disso, foi incluída nesse gráfico uma curva, representada pela cor verde com o potencial de redução das emissões se todos os queimadores instalados atualmente funcionassem 100% do tempo, e uma outra curva na cor vermelha, com o potencial de redução das emissões se todas as plantas que possuem reator anaeróbio possuísem queimador e os mesmos estivessem todos funcionando.

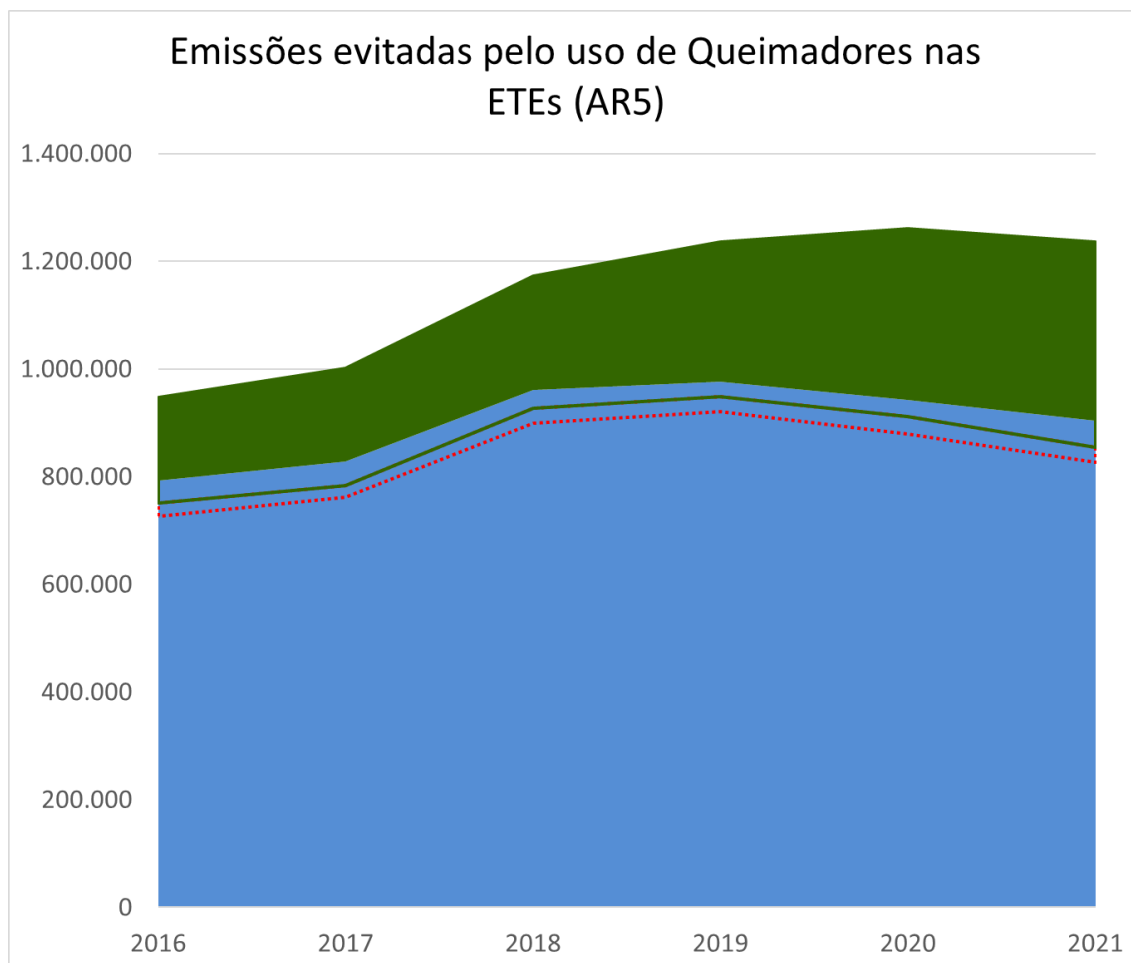


Gráfico 11 – Comparativo entre as emissões evitadas em anos anteriores pelo uso de queimadores [tCO₂e]. Legenda: Área em azul: emissões líquidas; área em verde: emissões evitadas pelos queimadores; linha verde: potencial de redução dos queimadores instalados; linha vermelha: potencial de redução se todos os reatores anaeróbios tivessem queimadores funcionando.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O setor de saneamento no Brasil é marcado pelo déficit histórico, impactando diretamente na qualidade de vida de seus habitantes. A busca pela universalização do acesso aos serviços de saneamento deve ser acompanhada por boas práticas de gerenciamento que priorizem a redução de emissões. Para quantificação das emissões de gases de efeito estufa (GEE), a escolha do método de cálculo e a elaboração de inventários, permitem diagnosticar as fontes e o perfil das emissões de GEE.

Qualquer iniciativa no sentido de inventariar ou comunicar emissões de GEE atribuídas à responsabilidade de uma corporação deve partir de uma metodologia consagrada e bem definida e apresentar, da forma mais clara possível, todas as considerações e premissas adotadas para definir os limites de responsabilidade e o conteúdo das emissões apresentadas.

Em atendimento à Política de Sustentabilidade da Sanepar, este inventário consolida e torna público o montante estimado de emissões de gases de efeito estufa provenientes de suas atividades operacionais, no ano de 2021.

Neste período, as emissões diretas de GEE foram calculadas em 1.016.527,23 toneladas de CO₂ equivalente e as emissões indiretas de GEE do Escopo 2 foram calculadas em 92.666 toneladas de CO₂ equivalente. Considerando que a quantidade de água produzida foi de 752.414.513 m³, e o consumo de energia de 734.164,2 MWh, o indicador de intensidade carbônica indireta foi de 0,12 kgCO₂e/m³ água produzida.

O inventário de emissões de GEE de 2021 indicou que a principal fonte de emissão nos sistemas da Sanepar continua sendo o processo de tratamento de esgoto, que contribuiu com 940.714,16 tCO₂e, 92,54% do total de emissões devido às gerações de metano e óxido nitroso, além das atividades de apoio para essa atividade que totalizam 1.016.527,23 tCO₂e de emissões diretas. Considerando que o volume de esgoto tratado foi de 375.586.933 m³, o indicador de intensidade carbônica direta foi de 2,59 kgCO₂e/m³ esgoto tratado.

Em relação às emissões de metano do processo de tratamento de esgoto, verificou-se que o percentual de mitigação obtido com o uso de queimadores abertos com ignição automática em 2021 foi de aproximadamente 26,03% das emissões brutas. O uso desta tecnologia, apesar de ser prática adotada pela Sanepar e de baixo custo, possui ainda limitações em relação à eficiência de mitigação.

Este panorama demonstra o desafio imposto para a empresa e para o setor de saneamento, para a transição do cenário atual para uma economia de baixo carbono. Atualmente a Sanepar desenvolve estudo e pesquisas para implantação de sistemas mais eficientes de captura e combustão controlada do biogás ou aproveitamento energético deste subproduto.

Apesar da maior complexidade operacional e custos dos projetos de baixo carbono, tais iniciativas podem oportunizar diversos benefícios entre os quais se destacam: melhoria de processos operacionais, maior eficácia na redução do passivo ambiental, antecipação e minimização de riscos regulatórios, inovação tecnológica e melhoria da imagem dos produtos e serviços perante stakeholders.

7 REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima – Sumário Executivo**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2016b. 45 p.

GVCES. Centro de Estudos em Sustentabilidade FGV; WRI. *World Resources Institute. Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol*. Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2ª ed. São Paulo, SP, 2010. Disponível em: <<http://ghgprotocolbrasil.com.br/especificacoes-e-notas-tecnicas-do-programa-brasileiro-ghg-protocol/?locale=pt-br>>. Acesso em: 24 out. 2017.

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

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007.

IPCC, 2013: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.

GHG Protocol (2021). **Ferramenta de Cálculo Programa Brasileiro GHG Protocol**. Disponível em: <<http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/ferramenta-de-calculo>>. Acesso em: 27/03/2021.

METCALF & EDDY. (2013) **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**, 5th Edition. The McGraw-Hill Companies, Inc., New York, New York 10020. Tradução para o português por Ivanildo Hespanhol e José Carlos Mierzwa. (2016) Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. AMGH Editora Ltda., a Grupo A Educação S.A. Company.

SOUZA, C. L. Estudo das Rotas de Formação, Transporte e Consumo dos Gases Metano e Sulfeto de Hidrogênio Resultantes do Tratamento de Esgoto Doméstico em Reatores UASB. Belo Horizonte: **Tese de Doutorado**, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Escola de Engenharia, 2010.

Tayyeba, O.; Olsson, M.; Brandt, N. (2011), "The best MSW treatment option by considering greenhouse gas emissions reduction: a case study in Georgia", *Waste Management & Research*, Vol. 29, pp. 823–833.

United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC (2006), Methodological "Tool to determine project emissions from flaring gases containing methane", Executive Board 28, Meeting Report, Annex 13, available at: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool06-v1.pdf>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

Apêndice I - Resumo

INVENTÁRIO DE EMISSÃO DE GEE DOS SISTEMAS DA SANEPAR 2021											
Tipo de Emissão	Escopo	Fontes de Emissão	Tipo	Unidade		Emissão CO ₂ (ton)	Emissão CH ₄ (ton)	Emissão N ₂ O (ton)	Emissão CO ₂ e (ton)	Emissões Biogênicas CO ₂ (ton)	
DIRETAS	1	Tratamento de água	Produzido Água Mensal (m3)	m ³	752.414.513				0,00		
		Tratamento de efluentes	Metano	m ³	375.586.933		32.045,39		897.270,90	305.766,89	
			Óxido nítrico	pop. atendida	9.698.095,00			137,29	36.380,79		
			Biodigestor				252,23		7.062,47	25351,01	
			Total tratamento de esgoto				32.297,620	137,286	940.714,16	331.117,902	
		Aterros sanitários	Metano – Disp. Final RSU	ton	63.389,53		1.602,20		44.861,62	2.469,85	
			Total disposição de resíduos sólidos	ton			1.602,201		44.861,62	2.469,849	
		Resíduos sólidos e efluentes líquidos	Total resíduos sólidos e efluentes líquidos			0,00	33.899,821	137,286	985.575,78	333.587,751	
		Combustão móvel	Automóvel flex a etanol	Litro (l)	794.558,04	0,00	0,19	0,11	35,65	1157,67	
			Automóvel a gasolina	Litro (l)	1.533.290,88	2.475,90	0,43	0,36	2.584,65	631,75	
			Caminhão médio a Diesel	Litro (l)	699.243,66	1.618,22	0,23	0,12	1.655,83	188,57	
			Motocicleta a gasolina	Litro (l)	12.190,68	19,68	0,02	0,00	20,40	5,02	
			Motocicleta flex a etanol	Litro (l)	55,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	
			Veículo comercial leve a Diesel	Litro (l)	296.264,93	684,80	0,04	0,06	702,16	80,67	
			Equipamentos (empilhadeira, escavadeira, pá carregadeira) GLP	kg	260,01	0,60	0,00	0,00	0,60	0,07	
			Equipamentos (empilhadeira, escavadeira, pá carregadeira) gasolina	Litro (l)	440,01	1,03	0,00	0,00	1,03	0,11	
			Equipamentos (empilhadeira, escavadeira, pá carregadeira) óleo diesel	Litro (l)	12.778,02	36,67	0,03	0,00	37,60	0,33	
			Total CO ₂ Combustíveis Fósseis (Fontes Móveis)		3.349.081,65	4.836,91	0,94	0,66	5.037,92	2.064,274	
		Combustão estacionária	Óleo Diesel (comercial)	Litro (l)	66.043,09	154,35	0,02	0,00	155,26	18,11	
			Gasolina Automotiva (comercial)	Litro (l)	1.656,38	2,71	0,00	0,00	2,71	0,71	
			Acetileno	kg	9,79	0,03	0,00	0,00	0,03	0,00	
			Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	kg	7.938,00	23,27	0,00	0,00	23,32	0,00	
			Etanol	Litro (l)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Total CO ₂ Combustíveis Fósseis (Fontes Estacionárias)		75.647,26325	180,357	0,025	0,001	181,324	18,820	
		Fugitivas	Ar Condicionado Residencial / Comercial	Unidade	2.879	11.186			11.185,68		
			Comercial Individual	Unidade	144	309			309,06		
			Refrigeração Residencial	Unidade	290	6			5,79		
			Extintores de incêndio	Unidade	1.336	2			2,35		
			Total CO ₂ RAC			11.502,887			11.502,89		
		Mudança do uso e ocupação do solo	Desmatamento em obras	há	43,24	14.229,33	-	-	14.229,33		
			Total CO ₂ MUS	ton		14.229,326			14.229,33		
		Total Emissões Diretas	TOTAL			30.749,475	33.900,791	137,946	1.016.527,23	335.670,845	
INDIRETAS	2	Consumo de energia elétrica	AGUA/produção	MWh	407.219,32				51.392,23		
			AGUA/distribuição	MWh	229.547,46				28.936,22		
			AGUA/industrial	MWh	1.859,98				236,44		
			AGUA/mista	MWh	8.988,05				1.179,00		
			ESGOTO	MWh	81.407,98				10.278,78		
			OUTRAS atividades	MWh	5.109,97				639,50		
			RESÍDUOS SÓLIDOS	MWh	31,44				3,82		
		Total Emissões Indiretas 2	TOTAL	MWh	734.164,205				92.666,00		
INDIRETAS	3	Transporte e distribuição (upstream)	Etanol	ton	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Óleo Diesel (comercial)	ton	20.598,52	610,64	0,04	0,03	620,59	71,74	
			Gasolina Automotiva (comercial)	ton	610,00	11,54	0,00	0,00	12,03	2,94	
			GNV	ton	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Gás Liquefeito de Petróleo (GLP)	ton	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			Total CO ₂ Combustíveis Fósseis (Fontes Móveis)	ton	21.208,520	622,176	0,047	0,034	632,62	74,68	
		Resíduos gerados nas operações	Lodo do processo esgoto enviado para agricultura	ton	16.942,65			5,08	1.346,94		
			Resíduos e lodo do processo esgoto para aterros terceirizados	ton	134.948,29	8.483,41			8.483,41	6957,93	
			Total	ton	151.890,940				9.830,36		
		Viagens à negócios	Transporte aéreo	km	318.452,51	32,96	0,00	0,00	33,25		
			Transporte rodoviário	km	18.817,90	0,46	0,00	0,00	0,47	0,055	
			Total	km	337.270,410	33,424882	0,00	0,00	33,73		
		Total Emissões Indiretas 3	TOTAL		510.369,869	655,601	0,048	0,036	10.496,70	7.032,67	
Indicadores	(kgCO ₂ e de emissões diretas / m³ esgoto tratado)										2,59
	(kgCO ₂ e de emissões diretas referentes a atividade RSU / ton resíduo aterrado)										707,71
	(kgCO ₂ e de emissões indiretas / m³ água produzida)										0,12
	(kgCO ₂ e de emissões diretas / habitantes)										100,19