



**INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE  
GASES DE EFEITO ESTUFA DE  
SÃO LEOPOLDO**

**JULHO DE 2022**

# ***EXPEDIENTE***

## **Prefeitura**

Prefeitura Municipal de São Leopoldo

## **Prefeito**

Ary Vanazzi

## **Vice-Prefeito**

Ary Moura (in memoriam)

## **Iniciativa**

Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Semmam)

## **Secretário do Meio Ambiente**

Anderson Etter

## **Coordenador Técnico do Observatório do Clima**

Éverson Gardel de Melo

## **Realização**

Superintendência de Comunicação

## **Superintendente de Comunicação**

Valentin de Melo Thomaz

## **Diretora de Publicidade e Redes Sociais**

Deisi C. da Silva

## **Projeto Gráfico e Diagramação**

Everaldo S. Oliveira Jr.

## **Imagens**

Digue Cardoso

# SUMÁRIO

<b>00.</b>	<b>PREFÁCIO</b>	<b>04</b>
	ARY VANAZZI	<b>06</b>
	ANDERSON ETTER	<b>07</b>
	EVERSON GARDEL DE MELO	<b>08</b>
	CARLOS A. MENDES MORAES	<b>09</b>
<b>01.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>02.</b>	<b>OBSERVATÓRIO MUNICIPAL DO CLIMA</b>	<b>11</b>
<b>03.</b>	<b>CONTEXTUALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO</b>	<b>12</b>
<b>04.</b>	<b>METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DO INVENTÁRIO</b>	<b>14</b>
	<b>I.</b> METODOLOGIA GPC	<b>14</b>
	<b>II.</b> SETORES DE EMISSÕES	<b>18</b>
<b>05.</b>	<b>INVENTÁRIO DO MUNICÍPIO</b>	<b>19</b>
	<b>I.</b> RESÍDUOS	<b>19</b>
	<b>II.</b> TRANSPORTE	<b>21</b>
	<b>III.</b> ENERGIA ESTACIONÁRIA	<b>23</b>
	<b>IV.</b> CONTRIBUIÇÃO DE CADA SETOR NO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CARBONO EM SÃO LEOPOLDO	<b>24</b>
	<b>V.</b> GASES DE EFEITO ESTUFA	<b>25</b>
	<b>VI.</b> RESULTADO FINAL	<b>26</b>
<b>06.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>26</b>
<b>07.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>27</b>

# PREFÁCIO

O Governo Municipal através da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (Semmam) trabalha na implementação da política de mitigação aos efeitos das mudanças climáticas. Um conjunto de ações projetadas, como o Observatório Municipal das Mudanças Climáticas, encontra-se em fase de implementação. O Inventário das Emissões dos Gases do Efeito Estufa é uma ação que vai ao encontro do conjunto de ações citadas. A partir do inventário, nosso próximo passo é o plano local de ação climática que compreenderá o diagnóstico de nossos processos e as ações de adaptação, mitigação e resiliência da cidade frente às consequentes alterações do clima global.

Nesta ótica, o Observatório de Mudanças Climáticas da cidade de São Leopoldo, estrutura instituída em novembro de 2021 pelo Governo Municipal, se alinha com a missão da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, em que as premissas do desenvolvimento sustentável estão intrinsecamente ligadas a formação de recursos humanos em todos os níveis na instituição, recursos estes que terão no OMC, fonte de conhecimento, oportunidades de contribuir com a

construção contínua e a otimização do inventário de emissões do município, projetando e otimizando ações de prevenção e mitigação dos impactos associados a vida na sociedade leopoldense.

A idealização deste inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) partiu da Secretaria de Meio Ambiente de São Leopoldo (Semmam), sob o gerenciamento do Secretário Anderson Etter. A coordenação técnica para implementação do observatório, é desenvolvida pelo Engenheiro Everton Gardel de Melo.

A Semmam desenvolveu uma parceria com a Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), junto ao Grupo de Pesquisa Núcleo de Caracterização de Materiais - NucMat e dos Programas de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e em Engenharia Mecânica (PPGEM), para o desenvolvimento e execução das atividades de elaboração do inventário de emissões, criação do plano local de ação climática e implantação das ações propostas. Como coordenadores deste projeto, representando a universidade e os PPGs, estão os professores Carlos Alberto Mendes Moraes e Feliciane Andrade Brehm.

Para suporte e execução das atividades programadas e em desenvolvimento, o projeto conta com a doutoranda Jaqueline Ramos Grabasck do PPGE.

O suporte do município a esta publicação destaca-se com o auxílio e disponibilidade das secretarias do município, da autarquia de água e esgoto (Semae - São Leopoldo), e da empresa terceirizada de energia (RGE), para o levantamento de dados das emissões de GEE. A Secretaria de Mobilidade e Serviços Urbanos (Semurb) é repre-

sentada neste projeto por Simara Rodrigues Gheno. A Secretaria de Segurança e Defesa Comunitária (Semusp) tem por representante Fabiano Bonini Camargo. O Serviço Municipal de Água e Esgotos (Semae) é representado por Aline Silveira Barreto. E, por fim, a empresa concessionária de energia elétrica Rio Grande Energia (RGE) é representada por Elisandra Castro.





## **ARY VANAZZI**

Prefeito de São Leopoldo

A realização do primeiro Inventário das Emissões de Gases do Efeito Estufa e a instituição do Observatório de Mudanças Climáticas do município é parte de um conjunto de ações que busca valorizar o meio ambiente como estratégia de desenvolvimento econômico compreendendo aspectos sociais como a erradicação da miséria, a segurança alimentar, o direito à moradia digna, o acesso à água e a energia de fontes renováveis. Ao mesmo tempo que projetamos ações locais que mitiguem nossos impactos, entendemos que a discussão precisa transcender nossos limites, por isso, estabelecemos em São Leopoldo uma ampla discussão com os demais municípios do Brasil, através da Associação Brasileira dos Municípios (ABM), no sentido de encontrar alternativas de mitigação, adaptação e resiliência frente aos efeitos das mudanças climáticas inclusive sensibilizando as demais esferas da administração pública e organismos internacionais. Na perspectiva das relações internacionais, São Leopoldo compõe a vice presidência de Desenvolvimento Urbano e Mudanças Climáticas da Rede Mercocidades, entidade que congrega 364 cidades de 10 países do continente (Argentina, Uruguai, Paraguai, Brasil, Venezuela, Chile, Peru, Colômbia, Bolívia e Equador) onde habitam mais de 120 milhões de pessoas com o intuito de prospectar e disseminar práticas para o enfrentamento aos impactos das mudanças climáticas. Nosso papel, enquanto poder público, é fomentar cada vez mais, práticas que orientem setores e atividades do município na direção de uma economia circular, de uma sociedade mais justa e inclusiva valorizando o meio ambiente como estratégia vital a nossa existência.



**ANDERSON ETTER**  
Secretário Municipal do Meio Ambiente

A partir da elaboração do seu primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, São Leopoldo ingressou num pequeno rol de municípios brasileiros capacitados, através desta ferramenta de planejamento, a enfrentar às mudanças climáticas e o aquecimento global na perspectiva da localidade, pois o Inventário ao identificar a origem e mensurar a quantidade de emissões da cidade, nos oferece elementos para tomada de decisões. O próximo passo é a elaboração do Plano de Ação de Enfrentamento às Mudanças Climáticas, que tem o objetivo de auxiliar os gestores, técnicos e sociedade civil de São Leopoldo a dar início à implantação de uma estratégia mais focada em iniciativas que possam contribuir para redução de emissões de gases de efeito estufa e melhorias na qualidade de vida da população. A cidade de São Leopoldo tem credibilidade para tratar deste tema, pois muitas ações já foram realizadas, vide a criação, há mais de 15 anos, da Unidade de Conservação - UC do Parque Imperatriz, assim como as outras quatro UC's existentes no município, o percentual de 22% de área territorial do município preservada, através de seu Plano Diretor, a preservação e monitoramento dos 10 arroios e suas matas ciliares e das 305 nascentes cadastradas, a construção de 10 mil moradias populares que asseguram infraestrutura às pessoas de maior vulnerabilidade socioeconômica, em lugares seguros. E, ainda destaco o fato de nossa cidade ter o maior índice de tratamento de esgoto doméstico, dentre os 30 municípios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Dois aspectos a serem destacados em todo esse processo, um é o salto de qualidade que a questão ambiental assume em São Leopoldo ao termos o primeiro Inventário de GEE, e outro é o fato do mesmo ser um produto realizado através dos técnicos das diversas estruturas do governo municipal e da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Unisinos, que integram o recém criado Observatório de Mudanças Climáticas, coordenado pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, SEMMAM. A Prefeitura de São Leopoldo assume o compromisso de pensar na emergência global da crise climática, agindo localmente. E assegurando para essa e as futuras gerações um ambiente saudável e com qualidade de vida. Não há outra alternativa, nós temos apenas um Rio dos Sinos, nós temos apenas um Planeta Terra para habitar.



## **EVERSON GARDEL DE MELO**

Msc. Engenheiro Mecânico e  
Coordenador Técnico do Observatório  
do Clima

O Inventário das emissões dos Gases do Efeito Estufa constitui um importante instrumento para que a cidade entenda os impactos de suas atividades, em especial, ao que tange as mudanças climáticas. A contabilização realizada no inventário permite visualizar os principais impactos, projetar ações e reorganizar o município quanto às transformações causadas pelas alterações do clima causadas pelo aquecimento global. Desta forma, o inventário propõe em primeiro lugar que enxerguemos nosso modo de vida e, a partir disso, inserir boas práticas que dialoguem com os aspectos social, ambiental e econômico da sustentabilidade. O inventário municipal é o primeiro instrumento elaborado pelo recém criado Observatório de Mudanças Climáticas, instância que tem por objetivo implementar uma política municipal de enfrentamento às mudanças do clima no município. O caráter multidisciplinar da equipe responsável pela elaboração do inventário confere ao trabalho a perspectiva de diferentes entes da sociedade, como a gestão municipal, as instituições de ensino, as concessionárias de serviços públicos, indústrias e estabelecimentos comerciais promovendo o entendimento e a percepção da urgência de buscarmos a neutralidade climática em nossos processos. Torna-se imperiosa a necessidade de uma mudança cultural que interrompa esse ciclo vicioso de aumento da temperatura - eventos extremos – desmatamento – poluição - emissões de gases do efeito estufa. O município de São Leopoldo, através deste instrumento aqui apresentado, entra de forma efetiva no grande debate global da atualidade: a manutenção da vida neste planeta.



## **CARLOS ALBERTO MENDES MORAES**

Professor, doutor. Engenheiro Metalúrgico

As alterações verificadas na atmosfera e na biosfera são resultado cumulativo dos padrões globais de industrialização impostos por modelos ultrapassados de gestão ambiental. Normalmente uma primeira abordagem são as chamadas “tecnologias de fim de tubo”. Embora essencial para o controle da poluição imediata e de curto prazo, bem como para o suporte de instrumentos e ferramentas de gestão nas organizações, esta abordagem caracteriza-se por ser reativa à geração de resíduos. Isso se deve ao fato de ser aplicado como resposta a alguma pressão ou necessidade, geralmente legal. No entanto, ela falha, pois tenta combater a poluição somente após o poluente ter sido gerado. Assim, atualmente, as práticas de “fim de tubo” precisam ser gradativamente superadas pela abordagem da prevenção. Sob essa nova perspectiva, a atenção está voltada para o processo de geração da poluição, visando evitar que o poluente seja gerado na fonte. Assim, a perspectiva preventiva, que surgiu com mais força a partir do início do século XXI, passou a ser amplamente discutida na área ambiental como uma potencial solução para os problemas globais do impacto ambiental gerado pelo homem. Essas mudanças são acompanhadas pela visão de Sustentabilidade, baseada nos três pilares da ecoeficiência: ambiental, econômico e social. Supõe-se, portanto, que para que uma organização ou processo seja válido, deve ser compatível com o meio ambiente, economicamente lucrativo e socialmente justo. Isso implica na adoção de modelos de gestão que identifiquem as causas dos problemas ambientais para evitar a necessidade de medidas corretivas, reduzindo os impactos causados por eles ao meio ambiente, possibilitando alternativas economicamente viáveis e que contribuam efetivamente para a melhoria da qualidade de vida dos habitantes.

Nesta ótica, o Observatório de Mudanças Climáticas da cidade de São Leopoldo, estrutura instituída em novembro de 2021 pelo governo municipal, se alinha com a missão da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, em que as premissas do desenvolvimento sustentável estão intrinsecamente ligadas a formação de recursos humanos em todos os níveis na instituição, recursos estes que terão no OMC, fonte de conhecimento, oportunidades de contribuir com a construção contínua e a otimização do inventário de emissões do município, e principalmente projetar e implementar ações de prevenção e mitigação dos impactos associados a vida na sociedade leopoldense.

# 01. INTRODUÇÃO

Esta publicação apresenta os resultados do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do município de São Leopoldo (RS), tendo como ano base 2019. O objetivo do inventário é identificar as principais fontes de emissões de GEE nos diversos setores da cidade, com o intuito de auxiliar no desenvolvimento de estratégias que visam à mitigação dos impactos ambientais gerados pelas mudanças climáticas.

Para o desenvolvimento do Inventário de Mudanças Climáticas de São Leopoldo foi utilizada a metodologia Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC), que é reconhecida internacionalmente e amplamente aplicada no desenvolvimento de inventários. Esta metodologia proporciona robustez e clareza na mensuração das emissões, além de possibilitar a comparabilidade entre inventários nacionais e internacionais.

As emissões foram calculadas utilizando a plataforma Ciris (City Inventory Reporting and Information System), mediante a utilização de dados advindos de transportes, resíduos sólidos, tratamento de esgoto e consumo de energia, fornecidos pelos diversos setores da gestão pública municipal, coordenado pela Secretaria do Meio Ambiente do município.

Neste relatório é apresentado um panorama da cidade de São Leopoldo, a metodologia utilizada para desenvolvimento do inventário, os resultados gerais, um resumo das emissões do ano de 2019, as conclusões e as próximas ações, que compõem o Plano de Ação Climática.



# 02. OBSERVATÓRIO MUNICIPAL DO CLIMA

O Observatório de Mudanças Climáticas (OMC) de São Leopoldo foi idealizado e está sendo desenvolvido e operado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM). O OMC -SL foi criado por decreto municipal pelo Prefeito Ary Vanazzi no dia 07 de novembro de 2021.

A Unisinos atua como responsável pela prestação de serviços técnicos especializados, para operação e desenvolvimento dos inventários de emissões e planos de ação, por meio do grupo de pesquisa Núcleo de Caracterização de Materiais (NucMat) e pelos programas de pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e em Engenharia Mecânica (PPGEM).

As reuniões para levantamentos de dados tiveram início em novembro de 2021, após a assinatura do decreto do Observatório Municipal de Mudanças Climáticas.

A estrutura física do Observatório encontra-se dentro da área do Parque Natural Municipal Imperatriz Leopoldina, sendo esta uma importante área de conservação e preservação da cidade de São Leopoldo.

O Observatório de Mudanças Climáticas de São Leopoldo é responsável pela elaboração e desenvolvimento do Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa do município de São Leopoldo, que tem como ano base 2019.





## 03. CONTEXTUALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO

O município de São Leopoldo apresenta uma área de 103 009 km<sup>2</sup> (IBGE, 2020), localizado na região metropolitana de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1).

Atualmente, São Leopoldo abriga uma população estimada em 236 835 pessoas, com um PIB per capita de R\$ 38 317,82 (IBGE, 2018).

A cidade apresenta alta taxa de esgotamento sanitário apresentando em torno de 92,9% de coleta (IBGE, 2010) e 27% de tratamento efetivo (SNIS, 2020). Assim como, apresenta um índice satisfatório de arborização viária, chegando a 85,4% (IBGE, 2010). A região pertence ao bioma Mata Atlântica, não pertencendo ao sistema costei-

ro-marinho, mas apresentando em seu território um importante rio, que abastece toda a região do Vale dos Sinos, o Rio dos Sinos.

O inventário foi desenvolvido tendo como base o ano de 2019, de 01 de janeiro até 31 de dezembro, utilizando os dados disponibilizados pelas diversas secretarias, autarquias e empresas terceirizadas.

As emissões de GEE advindas de atividades antrópicas foram calculadas dentro dos limites do município de São Leopoldo, conforme apresentado na Tabela 1.



Figura 1 - Vista aérea de São Leopoldo

Tabela 1 - Limites do inventário

LIMITES DO INVENTÁRIO	INFORMAÇÕES
Nome do município	São Leopoldo
Estado	Rio Grande do Sul
País	Brasil
Ano do inventário	2019
Limites geográficos	Novo Hamburgo, Portão, Estância Velha e Sapucaia de Sul
Área (km <sup>2</sup> )	103 009
População	236 835 hab
PIB per capita (R\$)	38 317,82
Clima	Subtropical úmido
Bioma	Mata Atlântica

# 04. METODOLOGIA DE CARACTERIZAÇÃO DO INVENTÁRIO

## I. METODOLOGIA GPC

Para o desenvolvimento do Inventário de Emissões de Gases do Efeito Estufa do Município de São Leopoldo, ano base 2019, foi utilizada a metodologia GPC, criada pelo Governos Locais pela Sustentabilidade (ICLEI) juntamente com a World Resources Institute (WRI) e a Climate Leadership Group (C40).

A metodologia GPC foi desenvolvida para ser robusta e clara, a fim de possibilitar uma agregação e confiabilidade maiores dos dados. Além de proporcionar comparações mais confiáveis entre os inventários, pré-estabelecendo requisitos, apresentando orientações para cálculos e para reporte dos resultados dos inventários (fong, et al., 2014). A metodologia elenca os seguintes princípios:

### RELEVÂNCIA

o inventário reflete as emissões de GEE do governo local de forma apropriada, sistemática refletindo sob às áreas as quais exerce controle e responsabilidade;

### ABRANGÊNCIA

todos os GEE e as atividades que causam emissões dentro das fronteiras estabelecidas para o inventário devem ser contabilizadas, havendo alguma exclusão, esta deverá ser justificada;

### CONSISTÊNCIA

metodologias consistentes devem ser usadas para identificação de fronteiras, coleta e análise de dados e quantificação das emissões;

## TRANSPARÊNCIA

todas as questões relevantes devem ser consideradas e documentadas de forma objetiva e coerente fornecendo um rastro para futuras revisões e replicações. As fontes de dados e hipóteses assumidas devem ser disponibilizadas;

## EXATIDÃO

a quantificação das emissões de GEE não deve ser sistematicamente sub ou superestimada.

A metodologia trata da confiabilidade dos dados de atividade e de fatores de emissão. Com o intuito de incluir possíveis limitações na disponibilidade dos dados, a metodologia utiliza notações-chave daquelas fontes de emissões que não foram contabilizadas cabendo a cidade prover uma explicação sobre a causa da não contabilização. As notações-chave são as seguintes:

**IE- incluídas em outro setor:** emissões de GEE desta atividade são estimadas e apresentadas em outra categoria do inventário;

**NE- não estimadas:** as emissões ocorrem, mas não foram estimadas ou reportadas;

**NO- não ocorrem:** a atividade/processo não ocorre ou não existe;

**C- confidenciais:** emissões de GEE que não poderiam ser divulgadas e, portanto, reportadas.

Para compreender os diferentes níveis de relatório GPC faz-se necessária a compreensão dos escopos dos relatórios. Estes escopos foram criados para agrupar três categorias com base onde há a sua ocorrência, podendo ocorrer dentro ou fora dos limites da cidade, sendo eles:

<b>ESCOPO 1</b>	considera as emissões diretas, geradas por fontes localizadas dentro dos limites da cidade
<b>ESCOPO 2</b>	abrange as emissões indiretas, que ocorrem dentro dos limites da cidade, mas são resultantes do uso de eletricidade, calor, vapor e/ou resfriamento, sendo fornecidos pela rede
<b>ESCOPO 3</b>	compreende outras emissões diretas, que ocorrem fora dos limites da cidade, advindas de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade

A classificação dos dados em seus respectivos Escopos é essencial para que haja consistência e confiabilidade para com o Inventário. A Figura 2 apresenta os setores das atividades emissoras e seus respectivos escopos.

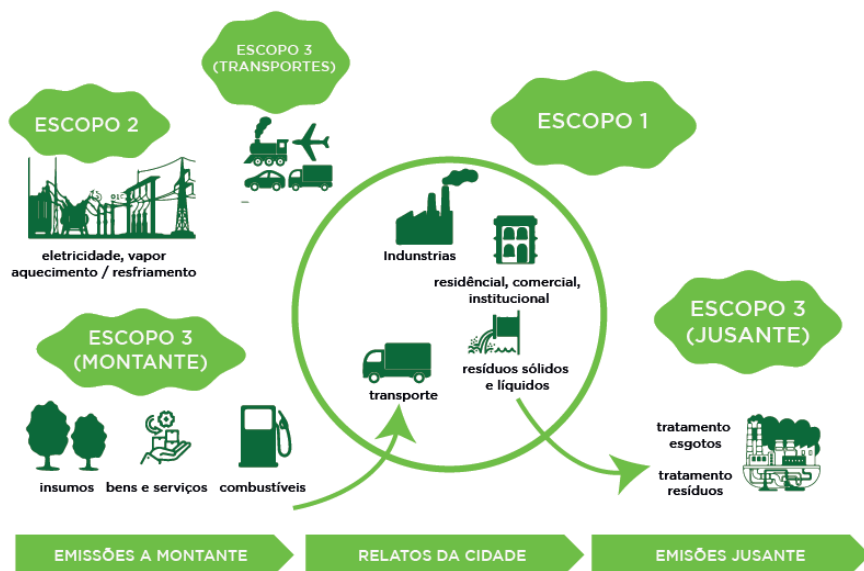


Figura 2 - Setores das atividades consideradas na metodologia GPC. Fonte: (ICLEI-SAMS, 2018)

De acordo com o contexto da cidade, atividades desenvolvidas e a disponibilidade de dados confiáveis, parte-se para a escolha do nível adequado para reporte, sendo eles, Basic e Basic+ .

Para o nível Basic, em princípio, os dados são encontrados com maior facilidade, abrangendo emissões comuns em praticamente todas as cidades, compreendendo: energia estacio-

nária (Escopo 1 e 2); transporte dentro dos limites da cidade (Escopo 1 e 2); resíduos gerados dentro dos limites da cidade (Escopo 1); tratamento de resíduos encaminhados para outras cidades (Escopo 3).

Enquanto que o nível Basic+ determina uma maior abrangência dos dados de emissões, englobando o nível Basic e, também, as seguintes categorias: processos industriais e uso de produtos (Escopo 1); agricultura, floresta e uso da terra (Escopo 1); fontes de energia estacionária, perdas em transmissão e distribuição (Escopo 3); e transporte (Escopo 3).

Considerando as duas opções, dados disponíveis no município e a condição de estarmos elaborando o primeiro inventário, a escolha do nível basic demonstrou ser a mais adequada.

Com o intuito de identificar as maiores fontes de emissões de GEEs, a metodologia GPC determina seis setores diferentes, nos quais são alocadas as atividades emissoras:

Conforme esta metodologia e os princípios que a compõe são aborda-

- Energia estacionária;
- Transportes;
- Resíduos;
- Processos industriais e uso de produtos (IPPU);
- Agricultura, floresta e outros usos do solo (AFOLU);

dos os seguintes gases do efeito estufa neste inventário: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

As emissões do GEE apresentadas neste inventário são resultantes da unidade obtida em dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>e) resultado da emissão dos diferentes GEE inventariados, pela métrica do Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP), que é indicada nos relatórios de avaliação do IPCC, conforme apresentado na Tabela 2. O Potencial de Aquecimento Global corresponde ao Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (2013).

GEE	GWP (CO <sub>2</sub> e)
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	28
N <sub>2</sub> O	265
SF <sub>6</sub>	23.500

Tabela 2 - Valores de GWP dos principais GEE (5AR)

## II. SETORES DE EMISSÕES

### Energia estacionária

As fontes de energia estacionária são consideradas uma das maiores contribuintes das emissões de GEE em uma localidade, advinda da combustão direta de combustíveis em edificações, considerando o uso indireto de eletricidade ou calor, que são fornecidos pela rede de distribuição. Assim como as emissões fugitivas que são geradas no processo de geração, entrega e consumo de energia.

### Transportes

As fontes de transporte também são consideradas uma das maiores contribuintes de emissões de GEE em uma cidade, abrangendo transporte rodoviário, ferroviário, aquático e aéreo. As emissões destas fontes são geradas diretamente pela combustão de combustível e indiretamente pelo uso de eletricidade que é fornecida pela rede de distribuição.

### Resíduos

As fontes de resíduos abrangem resíduos sólidos e águas residuais, podendo ser descartados e/ou tratados dentro ou fora dos limites da cidade. As emissões de GEE produzidas pelo descarte e tratamento dos resíduos ocorre mediante decomposição aeróbia ou anaeróbia, podendo ocorrer também por meio de incineração.

Cabe ressaltar que toda a energia gerada por meio de resíduos deve ser relatada na geração de energia e não no setor de resíduos.

# 05. INVENTÁRIO DO MUNICÍPIO

## Resultado das emissões setoriais

Neste campo quantifica-se as emissões setoriais observando os três campos avaliados no município e que compõe o nível basic, são eles: resíduos, energia estacionária e transportes.

### I. RESÍDUOS

As emissões originadas no setor de resíduos contabilizadas são oriundas tratamento de resíduos sólidos, como a disposição final em aterros sanitários, incineração de resíduos, queima a céu aberto e as provenientes de efluentes líquidos.

#### Disposição final em aterro sanitário

Para a estimativa das emissões geradas nos resíduos sólidos destinados ao aterro sanitário municipal foi considerada apenas a geração de metano devido aos valores de CO<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O serem desprezíveis neste processo. O método Compromisso de metano foi utilizado para a estimativa de emissões de metano para os resíduos sólidos urbanos. A quantidade de resíduos está estimada em 70.141 toneladas entre resíduos orgânicos e rejeitos coletados dentro do limite do município e 231.495 t gerados externamente, porém tratados dentro da cidade no respectivo aterro sanitário. Para os valores calculados para as emissões provenientes de resíduos sólidos depositados no aterro sanitário, foram

descontados os valores de queima de metano realizados no aterro sanitário. As emissões oriundas do aterro sanitário do município é de 1.010 toneladas de metano (tCH<sub>3</sub>) correspondendo a 28302 toneladas de carbono equivalente tCO<sub>2e</sub>. Para os resíduos externos a estimativa é de 6.171 tCH<sub>3</sub> equivalente a 172.793 toneladas de carbono equivalente (tCO<sub>2e</sub>). Considerando que a queima de metano resultou em 52.456 tCO<sub>2e</sub>, as emissões líquidas derivadas do aterro sanitário da cidade resulta em 148.634 tCO<sub>2e</sub>.

#### Resíduos submetidos à incineração

Para esta classificação de resíduos houve a estimativa de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e CH<sub>3</sub> através do método preconizado pelo IPCC para estas emissões considerando a quantidade de resíduos, o tipo de material e o fator de emissão correspondente. O montante de resíduos é de 4,1 toneladas e o material tem a origem de empresas de serviços de cremação localizadas no município. A estimativa de emissão para estes resíduos é de 3,31 de tCO<sub>2</sub>; 0,03 tCH<sub>3</sub> e 0,0006 tN<sub>2</sub>O resultando no quantitativo de 4,22 tCO<sub>2e</sub>.



### **Resíduos submetidos a queima por céu aberto**

Da mesma forma que a estimativa de resíduos por incineração, as emissões dos resíduos submetidos a queima por céu aberto foram obtidas pelo método preconizado pelo IPCC que considera a quantidade de resíduos, o tipo de material e o fator de emissão correspondente. O total de resíduos em toneladas é de 69600 e o tipo de material foi estimado pelos estudos de gravimetria dos resíduos sólidos do município. A estimativa para as emissões desta classificação é de 28379 tCO<sub>2</sub>; 0,45 tCH<sub>3</sub> e 0,0104 de tN<sub>2</sub>O conferindo o quantitativo de 43,81tCO<sub>2</sub>e .

### **Efluentes líquidos**

O processo de tratamento de efluentes líquidos do sistema de esgotamento sanitário é realizado em São Leopoldo por 5 estações de tratamento (ETEs), sendo elas: ETE Vicentina, ETE Feitoria, ETE Tancredo Neves, ETE Distrito Industrial e ETE Tarcilo Nunes.

A estimativa de emissões de gases do efeito estufa (GEE) para esgotamento sanitário considera apenas os gases metano e óxido nitroso, a emissão de dióxido de carbono não é considerada por possuir valores próximos de nulo.

Para o cálculo das emissões de CH<sub>3</sub> utiliza-se o método preconizado pelo IPCC que considera o material total organicamente degradável (TOW, sigla em inglês para total organic waste). O TOW considera a população atendida por sistemas de esgotamento e ou afastamento de efluentes e a demanda biológica de oxigênio per capita em g/pessoa/dia. A partir do cálculo do TOW , multiplica-se o fator de emissão para cada tipo de tratamento, coleta e afastamento do efluente líquido conforme metodologia do IPCC. O somatório dessas emissões específicas resulta na emissão total de metano para efluentes líquidos. O total de emissões de metano para o sistema de esgotamento sanitário do município é de 912 tCH<sub>3</sub> o equivalente a 25.536,39 tCO<sub>2</sub>e.

As emissões de N<sub>2</sub>O também orientam-se pela metodologia do IPCC para este processo através do cálculo do total de nitrogênio no efluente. O total de nitrogênio no efluente considera a população atendida, o consumo de proteína em kg/pessoa/ano além de outros fatores de correção. As emissões de N<sub>2</sub>O é estimada pela multiplicação do total de nitrogênio no efluen-

te e o fator de emissão do efluente. O total de emissões de óxido nitroso está estimada em 37,55 tN<sub>2</sub>O o equivalente a 9951,05 tCO<sub>2</sub>e .

As emissões totais para o setor de resíduos atingiu o valor de 184.169,47 tCO<sub>2</sub>e. A Figura 3 apresenta os percentuais para resíduos sólidos e efluentes líquidos.

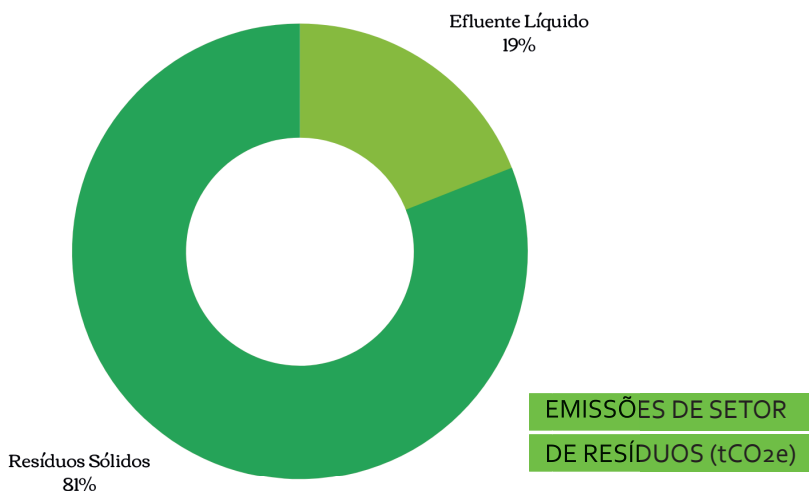


Figura 3 - Gráfico de percentuais para resíduos sólidos e efluentes líquidos

## II. TRANSPORTE

A metodologia empregada utiliza-se dos guias para elaboração inventários de emissões, volume 2 energia, no capítulo 3 que versa sobre combustão móvel tendo como dado de referência a venda de combustíveis (IPCC, 2021). O cálculo considera o volume total comercializado para cada tipo de combustível multiplicado pelo fator de emissão deste, conforme dados recomendados pelo IPCC, para os gases CO<sub>2</sub> N<sub>2</sub>O e CH<sub>3</sub>. Os dados levaram em conta o número de veículos registrados na cidade através dos dados fornecidos pela secretaria municipal de segurança pública (SEMUSP). Os combustíveis avaliados para este inventário foram os seguintes: gasolina, gás natural veicular (GNV) e diesel.



### **Gasolina**

A estimativa para as emissões relacionadas aos veículos movidos à gasolina, cerca de 121.947, resultou na emissão de 255.650,60 tCO<sub>2e</sub> sendo 249276,60 tCO<sub>2</sub>; 11,5 tN<sub>2</sub>O e 118,7 tCH<sub>3</sub>.

### **Gás natural veicular (GNV)**

A estimativa de emissões originadas deste combustível para 244 veículos registrados no município, resulta na emissão de 8.084,62 tCO<sub>2e</sub> sendo 7626,36 tCO<sub>2</sub>; 0,41 tN<sub>2</sub>O e 12,50 tCH<sub>3</sub>.

### **Óleo diesel**

A estimativa de emissões para este combustível resulta no valor de 310.821,78 tCO<sub>2e</sub> para uma frota de 12926 veículos. As emissões compreende em torno de 306.101,37 tCO<sub>2</sub>; 16,11 tN<sub>2</sub>O e também 16,11 tCH<sub>3</sub> .

O total de emissões para o setor de transportes está estimado nesta metodologia em 574.557 tCO<sub>2e</sub> . A Figura 4 apresenta os percentuais de emissões por tipo de combustível em tCO<sub>2e</sub> .

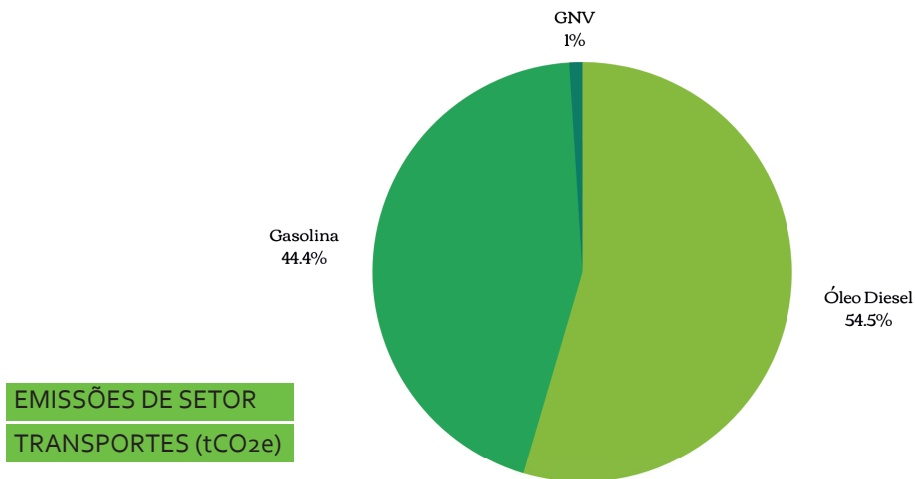


Figura 4 - Gráfico de percentuais de emissões por tipo de combustível em tCO<sub>2</sub>e.

### III. ENERGIA ESTACIONÁRIA

Para a estimativa das emissões deste setor conforme a metodologia empregada, utiliza-se dados quantitativos das atividades multiplicados pelo fator de emissão apropriado. Para este inventários se considerou a emissão de N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> e CH<sub>3</sub> para gás natural e CO<sub>2</sub> para a energia estacionária relacionada ao consumo elétrico seguindo novamente o que recomenda o IPCC. Os dados contabilizados no município reportam ao consumo de energia elétrica e gás natural. Estes dados de consumo foram fornecidos pelas fornecedoras Rio Grande energia (RGE) e Companhia de Gás do Rio Grande do sul (Sulgás).



### Gás natural (GN)

As emissões oriundas do consumo de GN no setor energia estacionária totaliza a quantia de 604,50 tCO<sub>2</sub>e compreendendo 570,30 tCO<sub>2</sub>; 0,03 tN<sub>2</sub>O e 0,93 tCH<sub>3</sub>.

### Energia elétrica

As emissões provenientes do consumo de eletricidade no campo da energia estacionária está estimada em 54.161,30 tCO<sub>2</sub>e.

As emissões totais do setor energia estacionária estão distribuídas conforme os sub setores residencial, industrial, comercial, institucional e outros. A Figura 5 apresenta a quantificação por sub setores.

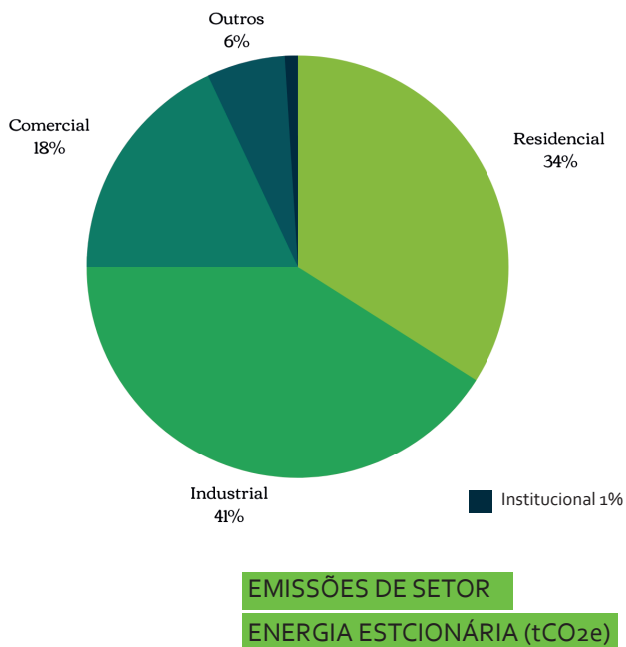


Figura 5 - Gráfico de quantificação por sub categoria

## IV. CONTRIBUIÇÃO DE CADA SETOR NO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE CARBONO EM SÃO LEOPOLDO

O setor que apresenta a maior na cidade é o setor transportes com cerca de 574.557 tCO<sub>2</sub>e , seguido pelo setor resíduos, 129.757 toneladas de carbono equivalente e por último o setor energia estacionária com 54774 tCO<sub>2</sub>e .

A Figura 6 apresenta as contribuições em percentuais para cada setor de emissões.

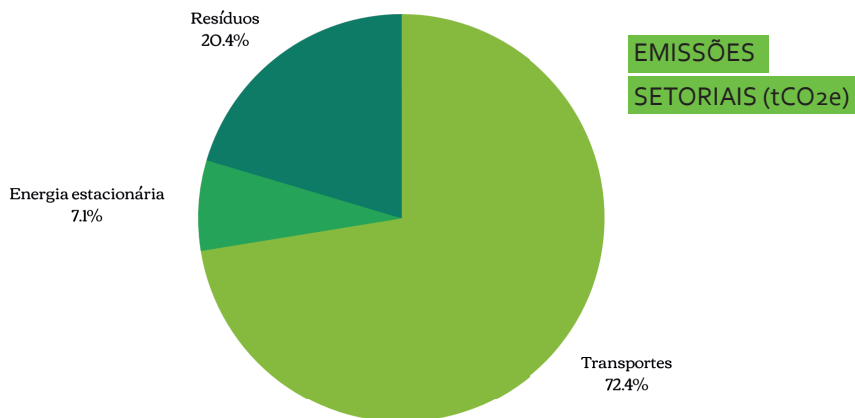


Figura 6 - Gráfico de percentuais de contribuição para cada setor de emissões

## V. GASES DE EFEITO ESTUFA

Os principais gases do efeito estufa emitidos na cidade de São Leopoldo são: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que corresponde 80% das emissões; metano (CH<sub>4</sub>), com índice de 19%; e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), que corresponde a 1% das emissões geradas no município . A Figura 7 apresenta os percentuais de emissão de metano, dióxido de carbono e óxido nitroso no somatório de emissões de São Leopoldo.

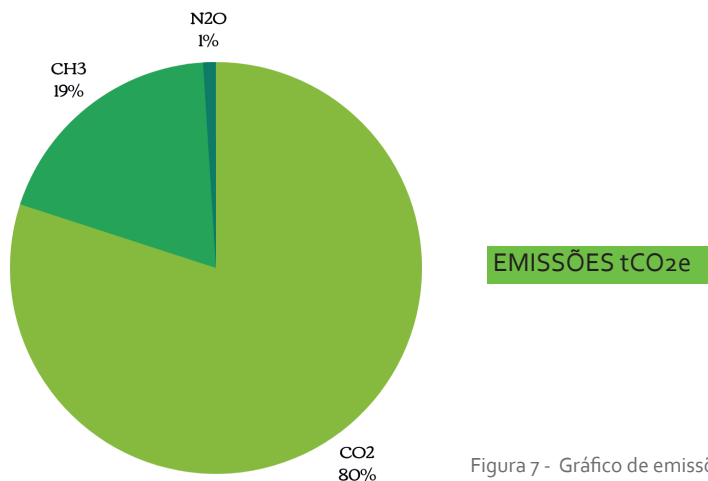


Figura 7 - Gráfico de emissões tCO<sub>2</sub>e

## VI. RESULTADO FINAL

O conjunto de avaliações executadas, bem como o conjunto de dados contabilizados de acordo com os setores preconizados pelo CDP/ICLEI para inventário de emissões locais e metodologia de cálculo do IPCC, leva a estimativa de emissão total de carbono para o ano de 2019 no valor de 812.887,77 tCO<sub>2</sub>e .

# 06. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de São Leopoldo apresenta um percentual de emissões significativas no setor de transporte, assim como, as demais cidades brasileiras que já desenvolveram seus inventários. Destaca-se o consumo de óleo diesel, que dentre os combustíveis analisados, apresenta o maior percentual, 310 821,78 tCO<sub>2</sub>e, seguido do consumo de gasolina com 255 650,6 tCO<sub>2</sub>e e do GNV, que apresenta menor índice de consumo 8 084,62 tCO<sub>2</sub>e .

Cabe ressaltar que o desenvolvimento deste primeiro inventário é uma ação que inicia o desenvolvimento de medidas para redução, mitigação e adaptação frente aos efeitos das mudanças climáticas, devendo a cada ano o inventário de emissões ser atualizado de acordo com a metodologia CDP/ICLEI, com o intuito de avaliar a efetividade das ações implementadas e possibilitar a proposição de novas ações de prevenção e mitigação de impactos ambientais negativos na cidade.

O plano de ação climática encontra-se em fase de desenvolvimento, a fim de atender as necessidades destacadas com a conclusão deste inventário de emissões. Desta forma, São Leopoldo destaca-se frente às ações climáticas e segue o viés dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, da Organização das Nações Unidas (ONU), e da Agenda 2030.

Cabe por fim ressaltar boas práticas já adotadas no município como o sistema de mapeamento de áreas protegidas (SISMAP), a Unidade de Conservação Parque banhado Imperatriz Leopoldina, Banco de materiais de construção civil, entre outras ações que estão e serão potencializadas no conjunto de iniciativas que buscará a neutralização climática do município até 2050.

# 07. REFERÊNCIAS

ANP. (2020). *Anuário estatístico 2020*. Fonte: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/anuario-estatistico/anuario=-estatistico2019-#:~:text=O%20Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20Brasileiro%20do,nacionais%20no%20per%C3%ADodo%202009%2D2018>.

C40 Cities. (2021). *CIRIS User guide*.

EPE. (2020). *Balanço energético nacional-Relatório síntese*. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia.

fong, W. K., Sotos, M., Doust, M., Schultz, S., Marques, A., & Deng-Beck, C. (2014). *Global protocol for community- scale greenhouse gas emission inventories*. GHG Protocol.

IBGE. (2017). *IBGE*. Acesso em 30 de 10 de 2021, disponível em cidades IBGE: <https://cidades.ibge.gov.br/>

ICLEI-SAMS. (2018). *Inventário dos gases do efeito estufa*. ICLEI-SAMS.

IPCC. (2021). *2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories*. Acesso em 14 de novembro de 2021, disponível em <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>

IPCC. (2021). *2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories*. Fonte: IPCC: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html>

IPCC. (2021). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Em *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories V2 Energy*. Fonte: Volume 2 energy: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

SEMAE. (2020). *Um novo ciclo*. São Leopoldo.

SNIS. (2020). *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*. Brasília: Ministério das Cidades. Fonte: [www.snis.gov.br](http://www.snis.gov.br)

