

CONCO<sub>2</sub>

## CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub> E OUTROS GASES DE EFEITO ESTUFA

O projeto ConCO<sub>2</sub> é resultado de um trabalho de pré-inciação-científica idealizado pelo professor Bernardo Luis Rodrigues de Andrade, da POLI-USP, desenvolvido por alunos da Escola Técnica Estadual de São Paulo (ETESP), sob a orientação de professores, tendo sido iniciado em setembro de 2018 e desenvolvido ao longo de 1 ano.

O principal objetivo do projeto é facilitar o acesso a dados e informações sobre a emissão de gases de efeito estufa, principalmente o CO<sub>2</sub>, para a população geral. Para isso foi desenvolvido um site, um e-book e uma estação de medição de CO<sub>2</sub>, colocada na Raia Olímpica da USP (Cidade Universitária) na Marginal Pinheiros.

# SUMÁRIO

GLOSSÁRIO .....	5
1.0 INTRODUÇÃO .....	8
2.0 ATMOSFERA .....	11
<b>2.1 Introdução</b> .....	11
2.2 Microclimas .....	13
3.0 QUALIDADE DO AR .....	17
3.1 Local de medição .....	17
3.2 Fontes Poluidoras .....	18
3.3 Poluentes .....	19
3.3.1 Material Particulado (MP) .....	19
3.3.2 Partículas Totais em Suspensão .....	21
3.3.3 Partículas Inaláveis (MP10) .....	21
3.3.4 Partículas Inaláveis Finas (MP2,5) .....	22
3.3.5 Fumaça (FMC) .....	22
3.3.6 Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ) .....	23
3.3.7 Monóxido de Carbono (CO) .....	23
3.3.8 Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	24
3.3.9 Oxidantes Fotoquímicos, como o Ozônio (O <sub>3</sub> ) .....	25

3.3.10 Óxidos de Nitrogênio (NO <sub>x</sub> ) .....	26
3.4 PARÂMETROS DE MEDIÇÃO .....	27
3.4.1 Impactos à Saúde .....	27
3.4.2 Prevenção .....	28
3.4.3 Índices de CO <sub>2</sub> .....	28
4. Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ) .....	30
4.1 Fontes emissoras de CO <sub>2</sub> .....	30
4.1.1 Gases de efeito estufa .....	31
4.1.2 Energia .....	33
4.1.3 Transporte .....	34
4.1.4 Geração de energia elétrica .....	46
4.1.5 Indústria .....	54
4.1.6 Geração de resíduos .....	60
4.1.7 Mudança de uso da terra .....	66
4.1.8 Contribuição dos biomas para as emissões .....	72
4.1.9 Agropecuária .....	74
5. Desenvolvimento Urbano e a Emissão de Dióxido de Carbono em São Paulo. ....	83
5.1 Introdução a história da cidade de São Paulo .....	83

5.2 Expansão da cidade de São Paulo.....	85
5.3 O Desenvolvimento Industrial Paulista ....	94
5.3.1 Urbanização e Emissões .....	99
5.4 Mobilidade Urbana e o Meio Ambiente em São Paulo .....	105
5.5 A Mobilidade Urbana no Plano Diretor Estratégico de São Paulo (2014).....	112
5.5.1 Lei Orgânica.....	112
5.5.2 Plano Diretor Estratégico .....	113
5.6 Reconhecimento da Mobilidade Urbana como Resultado de uma Política Pública. ...	116
6.0 Referências Bibliográficas .....	124

## GLOSSÁRIO

**µg/m²** - Micrograma por metro quadrado

**µm** - Micrômetro

**CCO** - centro de controle operacional

**CETESB** - Companhia Ambiental do Estado de  
São Paulo

**CO<sub>2</sub>e** - Dióxido de carbono equivalente

**CO** - Monóxido de Carbono

**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
controle de poluição veicular

**COV** - Compostos Orgânicos Voláteis

**CPRM** - Companhia de Pesquisa de Recursos  
Minerais

**ESALQ** - Escola Superior de Agricultura Luiz de  
Queiroz

**FMC** - Fumaça

**gCO<sub>2</sub>/tku** - Gramas de dióxido de carbono por  
toneladas-quilo metro útil

**GEE** - Gases do efeito estufa

**GtCO<sub>2</sub>e** - Gigatonelada de dióxido de carbono  
equivalente

**GWh** - Geração de eletricidade

**GWP AR5** - Global Warming Potential Fifth  
Assessment Report

**INEA** - Instituto Nacional do Ambiente

**INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia

**INPE** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

**IPCC** - Painel Intergovernamental sobre  
Mudanças Climáticas

**MCTI** - Ministério da Ciência, Tecnologia e  
Inovação

**MP** - Material Particulado

**MP<sub>10</sub>** - Partículas Inaláveis

**MP<sub>2,5</sub>** - Partículas Inaláveis Finas

**MtCO<sub>2e</sub>** - Milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente

**Mtep** - Milhões de toneladas equivalentes de petróleo

**Mt** - Milhões de toneladas

**MUT** - Mudança de Uso de Terras

**MW** - Capacidade instalada

**NO** - Monóxido de nitrogênio

**NO<sub>x</sub>** - Óxidos de nitrogênio

**NO<sub>x</sub>** - Óxidos de nitrogênio

**NO<sub>2</sub>** - Dióxido de nitrogênio

**O<sub>3</sub>** - Ozônio

**PCPV** - Plano de Controle de Poluição Veicular

**PDE** - Plano diretor estratégico

**PIUP** - Processos Industriais e Uso de Produtos

**PSTM** - Plano Setorial de Transporte e Mobilidade Urbana

**PTS** - Partículas totais em Suspensão

**RSI** - Resíduos sólidos industriais

**RSS** - Resíduos de serviço de saúde

**RSU** - Resíduos sólidos urbanos

**SEEG** - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

**SO<sub>2</sub>** - Dióxido de Enxofre

**SPE** - Sociedade de propósito específico

**TCAT** - Taxa de crescimento anual composta

**tCO<sub>2</sub>e** - Tonelada de dióxido de carbono

**TI** - Terras Indígenas

**TOD** - Transit Oriented Development  
(desenvolvimento do trânsito orientado)

**TWh** - Terawatt-hora

**UC** - Unidades de Conservação

## 1.0 INTRODUÇÃO

‘O projeto ConCO<sub>2</sub> foi idealizado pelos alunos dos Cursos Técnicos de Eletrônica, Informática e Meio Ambiente da Escola Técnica Estadual de São Paulo sob a orientação dos professores Kazuo Nishimoto e Bernardo Andrade. Foi iniciado em setembro de 2018 e a ideia central do projeto é conectar a sociedade acadêmica com um problema comum a todos os moradores das

grandes cidades: as quantidades de CO e CO<sub>2</sub> na atmosfera. Para isso foi desenvolvido um site, um e-book e uma estação de medição de CO<sub>2</sub>, que foi colocada na raia olímpica da USP (Cidade Universitária) na Marginal Pinheiros.

Por que na Marginal Pinheiros?

O equipamento é colocado na Marginal Pinheiros por dois principais fatores, entre eles estão:

- A facilidade para manutenção, já que os estudantes idealizadores estudam ao lado ;
- Uma amostragem diversificada, representativa qualitativamente e quantitativamente;

Qual a importância de se medir os níveis de CO ?

- Monitoramento do comportamento dos gases na atmosfera;



- Dados quantitativos para a análise de qualidade de ar em determinado período de tempo;
- Prevenir doenças causadas pela alta concentração de gases

Quais os benéficos do projeto desenvolvido?

- Baixo custo ;
- Fácil desenvolvimento;
- Possui um taxa de precisão alta e frequência.

## 2.0 ATMOSFERA

### 2.1 INTRODUÇÃO

“A atmosfera terrestre é a camada de gases que envolve a Terra; que não se dissipa, devido à ação da gravidade; e que, vista do espaço, mostra nosso planeta como uma esfera de cor azul brilhante.” (Pércio Moraes Branco, 2014). Segundo a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), sua importância física é reter parte das ondas de calor emitidas pela superfície e reduzir a radiação solar, enquanto sua importância biológica é prover matéria prima para o processo de fotossíntese e regulando a transpiração das plantas.

Sua composição, em volume, é de cerca de 78,09% de nitrogênio, 20,95% de oxigênio, 0,93% de argônio e 0,039% de gás carbônico, além de uma quantia variável de

vapor d'água e outros gases; conforme a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Quanto maior a altitude mais rarefeita a atmosfera é, portanto, sua massa (aproximadamente  $5 \times 10^{15}$  toneladas) está concentrada cerca de  $\frac{3}{4}$  na troposfera, camada da atmosfera mais próxima da superfície.

De acordo com a ESALQ, a troposfera é a camada atmosférica mais importante para os seres vivos, já que é nela em que é possível realizar a respiração normalmente e é onde ocorrem praticamente todos os fenômenos meteorológicos, como a chuva. Ela se estende por toda superfície terrestre e possui uma altitude de aproximadamente 12 km, chegando a 17 km nos trópicos e a 7 km nos pólos, entre seu limite e a estratosfera (camada atmosférica localizada logo acima da troposfera) está a tropopausa, cuja altitude varia conforme as condições climáticas.

## 2.2 MICROCLIMAS

Pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), clima é o estudo médio do tempo para o determinado período ou mês em uma certa localidade, abrangendo maior número de dados e eventos possíveis das condições de tempo (o estado físico das condições atmosférica em um determinado momento e local) para uma determinada localidade ou região. Portanto microclimas seriam climas em pequena escala.

A vegetação no meio urbano desenvolve um importante papel para auxiliar no conforto térmico, pois influencia na radiação solar direta, temperatura, umidade e velocidade e direção do vento (Abreu 2008). Segundo Romero isso ocorre devido a menor capacidade calorífica e condutibilidade térmica, possibilitando a absorção de parte da radiação solar, o aumento da taxa de

evaporação, diminuição da poluição do ar (pela filtragem pelas folhas) e a redução da velocidade do vento. Além disso a presença de vegetação e permeabilidade do solo exercem influência na diminuição da temperatura noturna, reduzindo o efeito das ilhas de calor, como é apontado por pesquisas como a de Rocha et al. (2011); cuja formação está relacionada com o aumento da temperatura, queda da umidade relativa do ar, variações na velocidade do vento e variações das precipitações da chuva nos centros urbanos, segundo Minaki & Amorim (2012).

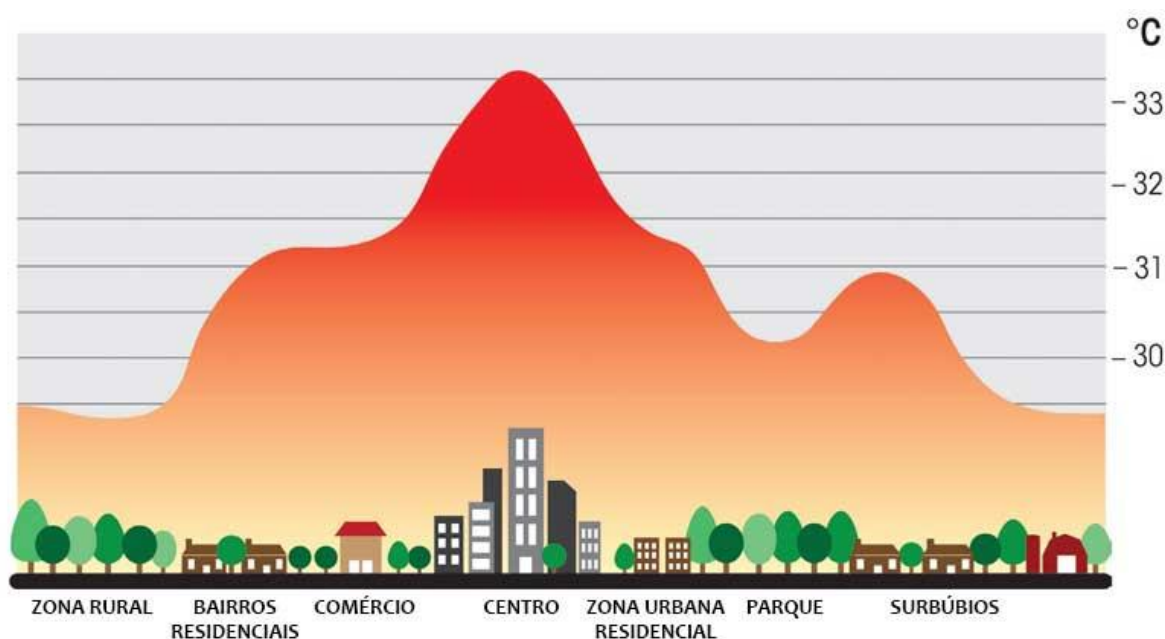
Segundo um projeto “Edificação e Desenho Urbano com adensamento e qualidade ambiental: habitação de interesse social na recuperação de áreas urbanas degradadas” a Universidade de São Paulo temos que:

Em um dia de verão na cidade de São Paulo, por exemplo, a temperatura dentro de um parque pode ser até dois graus mais baixa do que em um trecho não arborizado em um *canyon urbano* – via cercada por edifícios, formando um “u” – ou em uma praça com vegetação.

Se o canyon em questão passasse a ser arborizado, a temperatura do ar poderia diminuir cerca de um grau, mas a sensação térmica para os pedestres seria de até 12 graus a menos.

Isso acontece por conta das ilhas de calor definidas como uma anomalia térmica resultado das diferenças de absorção e armazenamento de energia solar pelos materiais que compõem a superfície urbana, segundo Costa (2009). Como exemplo de tal diferença de materiais temos que, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), telhados e pavimento que, são

tipicamente escuros, absorvem mais de 80% da energia da radiação solar e essas superfícies emitem calor, fazendo o ar do entorno se aquecer; tendo como consequências: o aumento do consumo de energia (utilizada nos aparelhos de resfriamento de edifícios), formação de poluentes como o ozônio e NOx e o agravamento de doenças respiratórias e relacionadas ao calor.



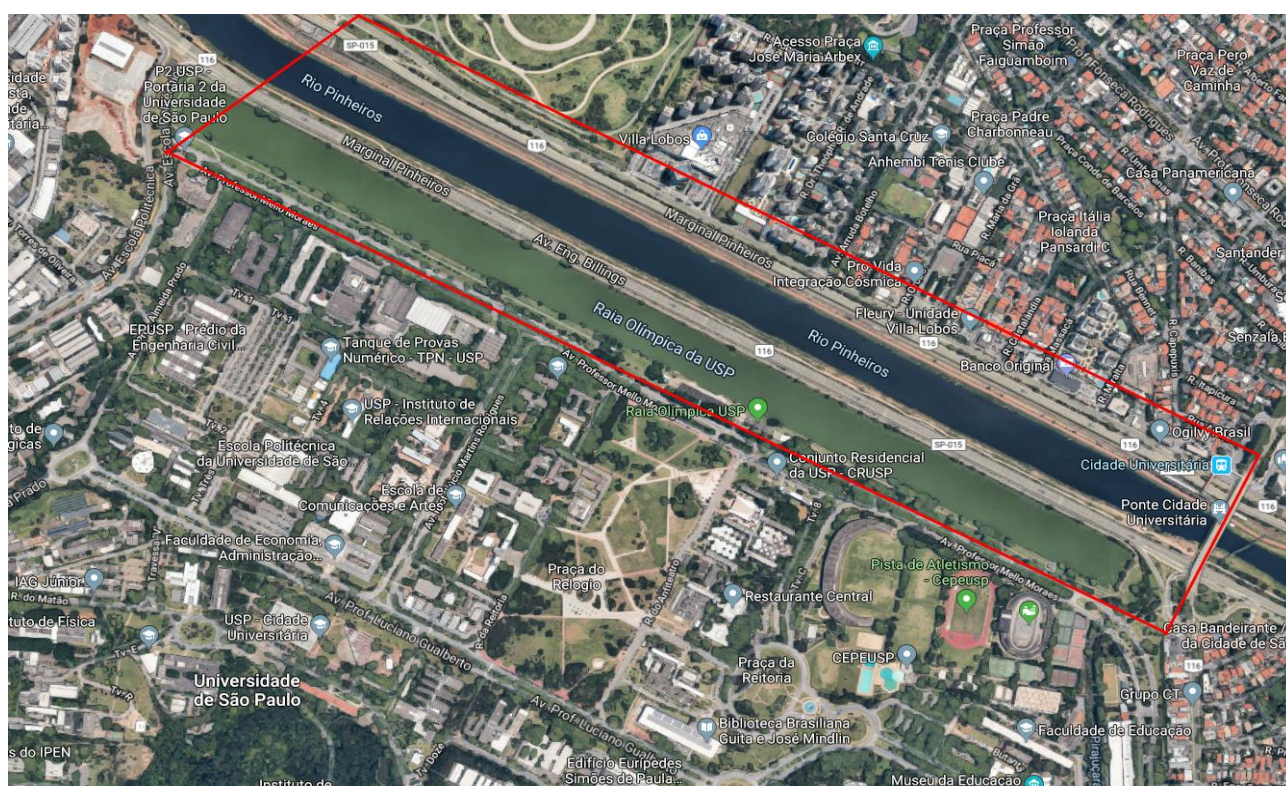
(Ilustração de como o clima pode mudar pelos diversos fatores da urbanização)



## 3.0 QUALIDADE DO AR

### 3.1 LOCAL DE MEDIÇÃO

Será utilizado como local de medição para a estação meteorológica a raia olímpica da Universidade de São Paulo, situada na Cidade Universitária. Acerca de alguns metros da Marginal Pinheiros.



*Área coberta pela Estação Meteorológica/Fonte: Google Maps*



## **3.2 FONTES POLUIDORAS**

Seguindo as definições da CETESB, considera-se poluente qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Estes poluentes, por sua vez, são importantíssimos para estimar a qualidade do ar, sendo que a variedade e quantidade destes poluentes no ar é determinante para avaliar o estado de salubridade do ar. Visto que no caso de altas concentrações de certos gases e partículas na atmosfera, podem prejudicar o ambiente e seus elementos, como a fauna, a flora e a saúde humana.

### **3.3 POLUENTES**

O grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar para as medições da CETESB, adotados universalmente e que foram escolhidos em razão da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos, são:

#### **3.3.1 MATERIAL PARTICULADO (MP)**

Material Particulado (MP), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>), Partículas Inaláveis Finas (MP<sub>2,5</sub>) e Fumaça (FMC). Sob a denominação geral de Material Particulado se encontra um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de

emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre ( $\text{SO}_2$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar.

O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados. O particulado pode também reduzir a visibilidade na atmosfera. O material particulado pode ser classificado como:

### **3.3.2 PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS)**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 50  $\mu\text{m}$ . Uma parte destas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade.

### **3.3.3 PARTÍCULAS INALÁVEIS (MP10)**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10  $\mu\text{m}$ . Dependendo da distribuição de tamanho na faixa de 0 a 10  $\mu\text{m}$ , podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou

penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares.

### **3.3.4 PARTÍCULAS INALÁVEIS FINAS (MP2,5)**

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 2,5  $\mu\text{m}$ . Devido ao seu tamanho diminuto, penetram profundamente no sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares.

### **3.3.5 FUMAÇA (FMC)**

Está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera.

### **3.3.6 DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO<sub>2</sub>)**

Resulta principalmente da queima de combustíveis que contêm enxofre, como óleo diesel, óleo combustível industrial e gasolina. É um dos principais formadores da chuva ácida. O dióxido de enxofre pode reagir com outras substâncias presentes no ar formando partículas de sulfato que são responsáveis pela redução da visibilidade na atmosfera.

### **3.3.7 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)**

É um gás incolor e inodoro que resulta da queima incompleta de combustíveis de origem orgânica (combustíveis fósseis, biomassa, etc). Em geral é encontrado em maiores concentrações nas cidades, emitido principalmente por veículos automotores. Altas concentrações de CO são encontradas em áreas de intensa circulação de veículos.

### **3.3.8 DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)**

A emissão do gás Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera são feitas através das queimas de combustíveis derivados do petróleo; produção de cimento (onde o total de emissões é de 75%); os processos do mal uso da terra na conversão de florestas no uso agropecuário, desmatamentos e queimadas por todos os países. Vem comprometendo o efeito estufa com baixas temperaturas, umidades, pouco vento, onde caracteriza um ambiente desfavorável para a dispersão dos poluentes atmosféricos do nosso planeta. Esta poluição atmosférica causada pela queima de combustíveis, vem representando sérios problemas à saúde pública e severos impactos ambientais ao meio ambiente, que é afetado de forma negativa e constante pelos níveis elevados de poluição, visto que a qualidade do ar é influenciada pela emissão de gases poluentes através das indústrias, e

pela grande frota de veículos automotores das grandes cidades.

### **3.3.9 OXIDANTES FOTOQUÍMICOS, COMO O OZÔNIO (O<sub>3</sub>)**

“Oxidantes fotoquímicos” é a denominação que se dá à mistura de poluentes secundários formados pelas reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar, sendo estes últimos liberados na queima incompleta e evaporação de combustíveis e solventes. O principal produto desta reação é o ozônio, por isso mesmo utilizado como parâmetro indicador da presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera. Tais poluentes formam a chamada névoa fotoquímica ou “smog fotoquímico”, que possui este nome porque causa na atmosfera diminuição da visibilidade. Além de prejuízos à saúde, o



ozônio pode causar danos à vegetação. É sempre bom ressaltar que o ozônio encontrado na faixa de ar próxima do solo, onde respiramos, chamado de “mau ozônio”, é tóxico. Entretanto, na estratosfera (a cerca de 25 km de altitude) o ozônio tem a importante função de proteger a Terra, como um filtro, dos raios ultravioletas emitidos pelo Sol.

### **3.3.10 ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO<sub>x</sub>)**

São formados durante processos de combustão. Em grandes cidades, os veículos geralmente são os principais responsáveis pela emissão dos óxidos de nitrogênio. O NO, sob a ação de luz solar se transforma em NO<sub>2</sub> e tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio. Dependendo das concentrações, o NO<sub>2</sub> causa prejuízos à saúde.

## **3.4 PARÂMETROS DE MEDIÇÃO**

Levando em conta os principais gases poluidores medidos pela CETESB, eles estipulam uma margem da presença destes gases tóxicos na atmosfera.

### **3.4.1 IMPACTOS À SAÚDE**

Os poluentes presentes no ar, além de serem fatores cruciais da poluição visual e atmosférica, também representam um grande risco para a saúde dos seres humanos, visto que a maioria desses gases, quando em alta concentração na troposfera, são nocivos para os seres humanos das mais diversas formas.

A CETESB possui uma tabela com parâmetros de concentração destes gases na atmosfera e os seus possíveis impactos na saúde das pessoas, entre as várias

consequências negativas à saúde, temos o agravamento de doenças cardiovasculares e respiratórias em certos grupos de risco.

### **3.4.2 PREVENÇÃO**

Tendo em vista os níveis preocupantes de concentração que os gases poluentes podem alcançar em certo período de tempo quando em dias com maior teor de poluição atmosférica, é recomendável e extremamente necessárias medidas preventivas nestes dias. Principalmente para os grupos com maior risco de contraírem ou terem suas doenças intensificadas por respirar estes compostos tóxicos.

### **3.4.3 ÍNDICES DE CO<sub>2</sub>**

A ANVISA possui um parâmetro próprio para o CO<sub>2</sub> em ambientes internos levando em conta o padrão da cidade de São Paulo. Sendo dado em PPMs.

<b>Qualidade</b>	<b>CO<sub>2</sub> (ppm)</b>
<b>N1 - BOA</b>	> 300 - 475
<b>N3 MODERADA</b>	> 475 - 650
<b>N4 - RUIM</b>	> 650 - 825
<b>N5 - MUITO RUIM</b>	> 825 - 1000
<b>N6 - PÉSSIMA</b>	> 1000

(Fonte: ANVISA E CETESB)

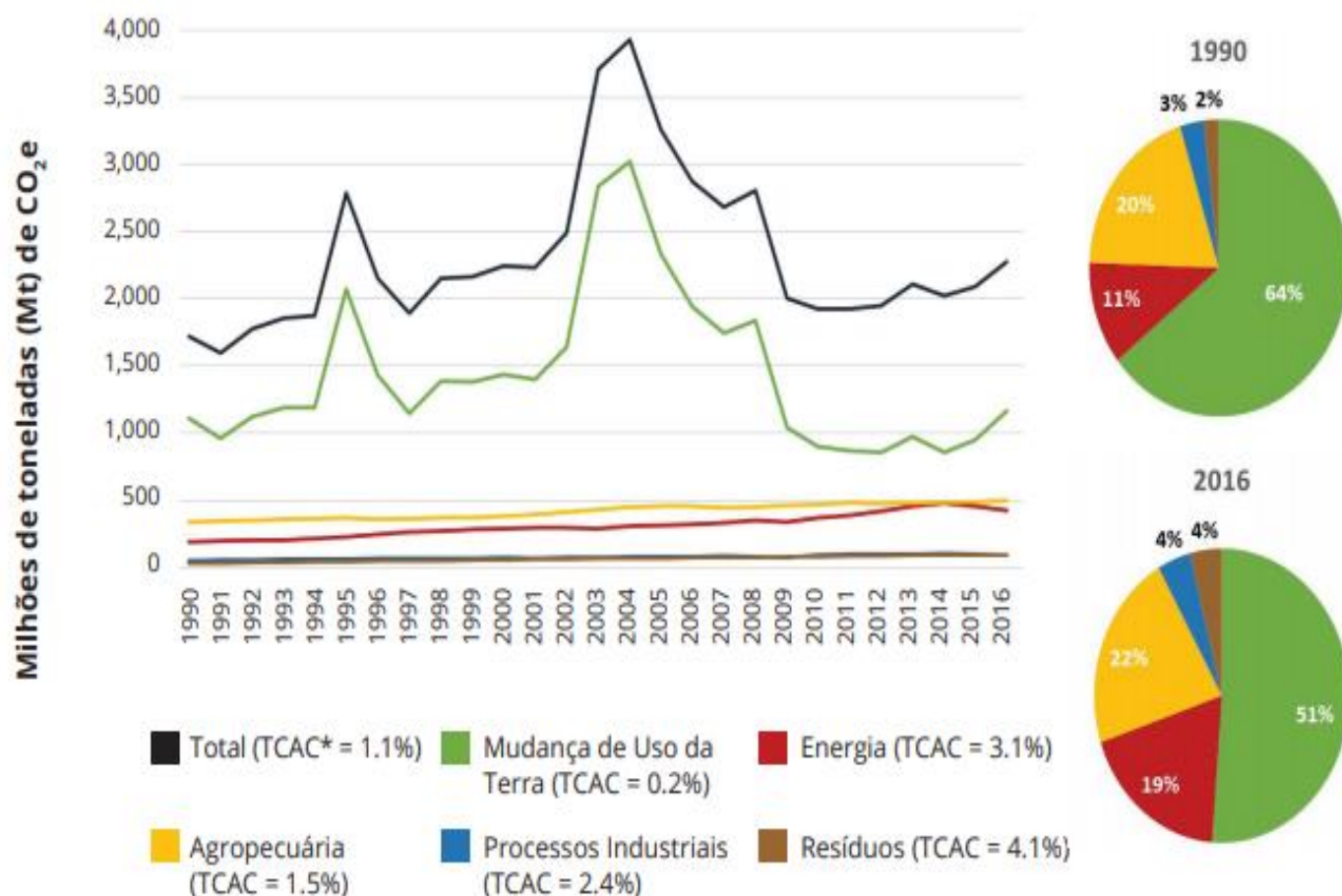
Em ambientes fechados os níveis de dióxido de carbono não deve exceder 1000 ppm, locais com parâmetros mais elevados de CO<sub>2</sub> ocasionam sintomas como dores de cabeça, sonolência além de afetar a capacidade de concentração das pessoas, portanto é necessário atentar-se a taxa de renovação do ar interior.

## 4. DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

### 4.1 FONTES EMISSORAS DE CO<sub>2</sub>

Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, SEEG, existem diferentes perfis de emissões de Gases de Efeito Estufa, GEE, nos setores da economia, sendo eles: agropecuária, energia, processos industriais, resíduos, mudanças de uso da terra.

### Emissões brutas brasileiras de GEE por setor (1990-2016)



\*TCAC: Taxa de Crescimento Anual Composta

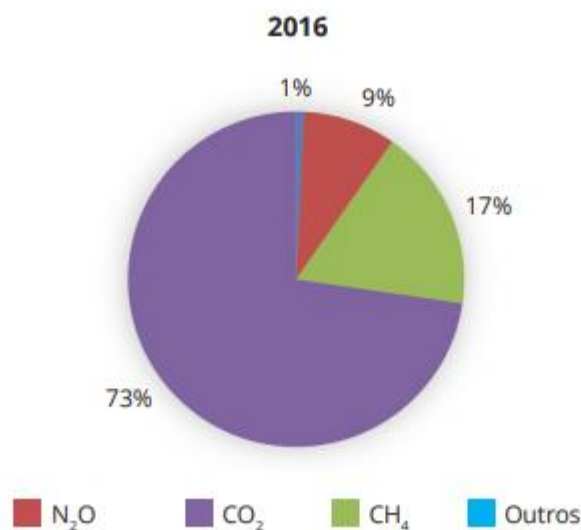
(Dados: SEEG, Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos.)

## 4.1.1 GASES DE EFEITO ESTUFA

Segundo Lorena Cabral, os gases de efeito estufa (GEE) são gases que absorvem uma parte dos raios do sol e os redistribuem em forma de radiação na atmosfera,

aquecendo o planeta em um fenômeno chamado efeito estufa. Segundo o SEEG, apenas três gases perfazem 99% das emissões brasileiras, sendo eles, o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

O gráfico abaixo demonstra as participação dos diferentes GEE nas emissões brasileiras em 2016 (% total em  $\text{CO}_2\text{e}$ )



(Dados: SEEG, Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o acordo de Paris.)

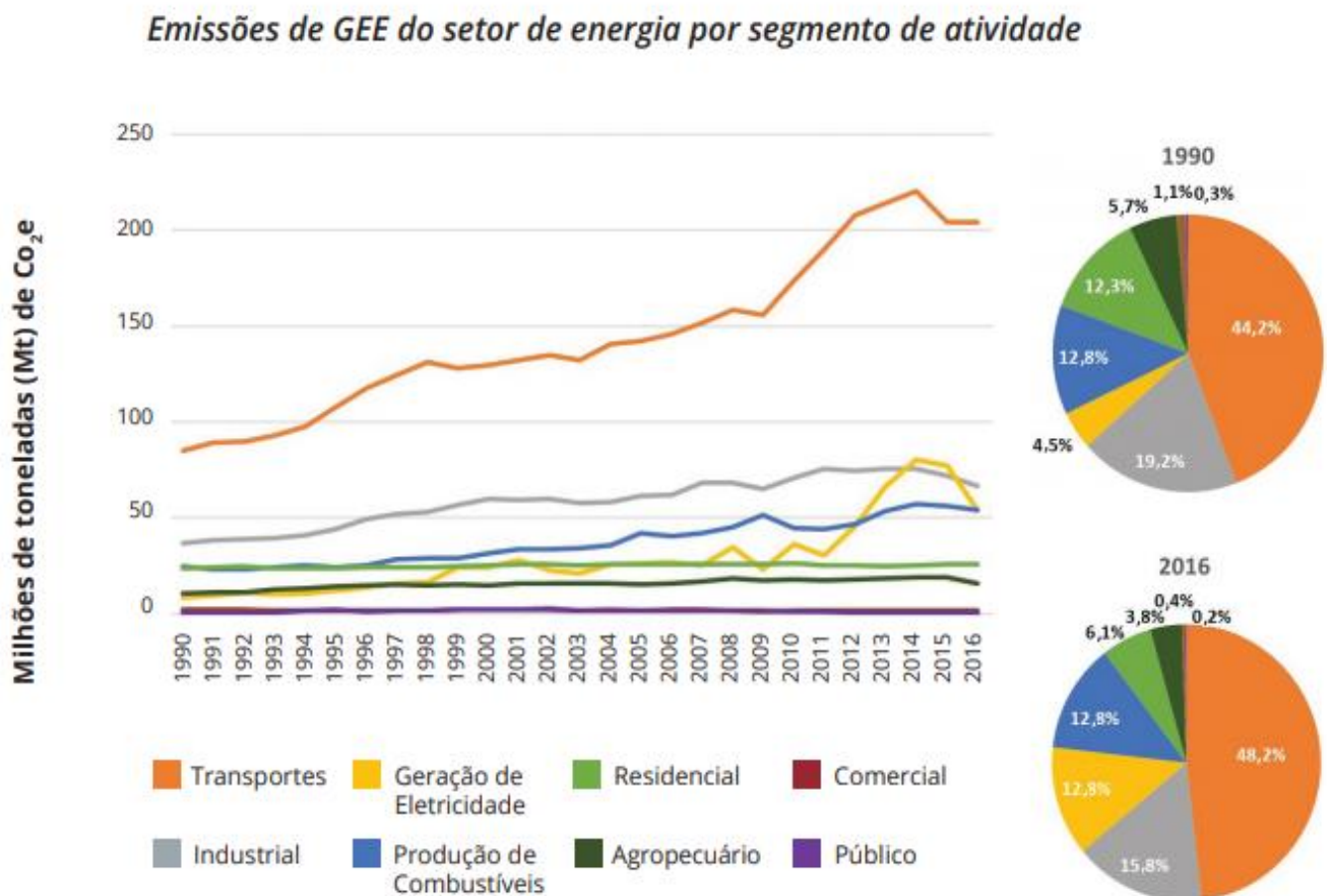
## **4.1.2 ENERGIA**

A categoria Energia estão contabilizadas as emissões de gases de efeito estufa associadas à produção e ao consumo de energia. Essas emissões são geradas em atividades de exploração e extração de fontes primárias de energia, conversão de fontes primárias em fontes secundárias (refinarias de petróleo, unidades produtoras de biocombustíveis, centrais de geração de energia elétrica etc.) e no uso final de energia em aplicações móveis ou estacionárias. (Ferreira, Tsai, Silva, Cremer, Soares, 2018, p.02)

Segundo o SEEG, o setor de energia representa a terceira maior fonte de emissões brutas de GEE no Brasil, com 19% do total de 2016 (423,4 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e), atrás apenas da agropecuária e mudança de uso do solo.



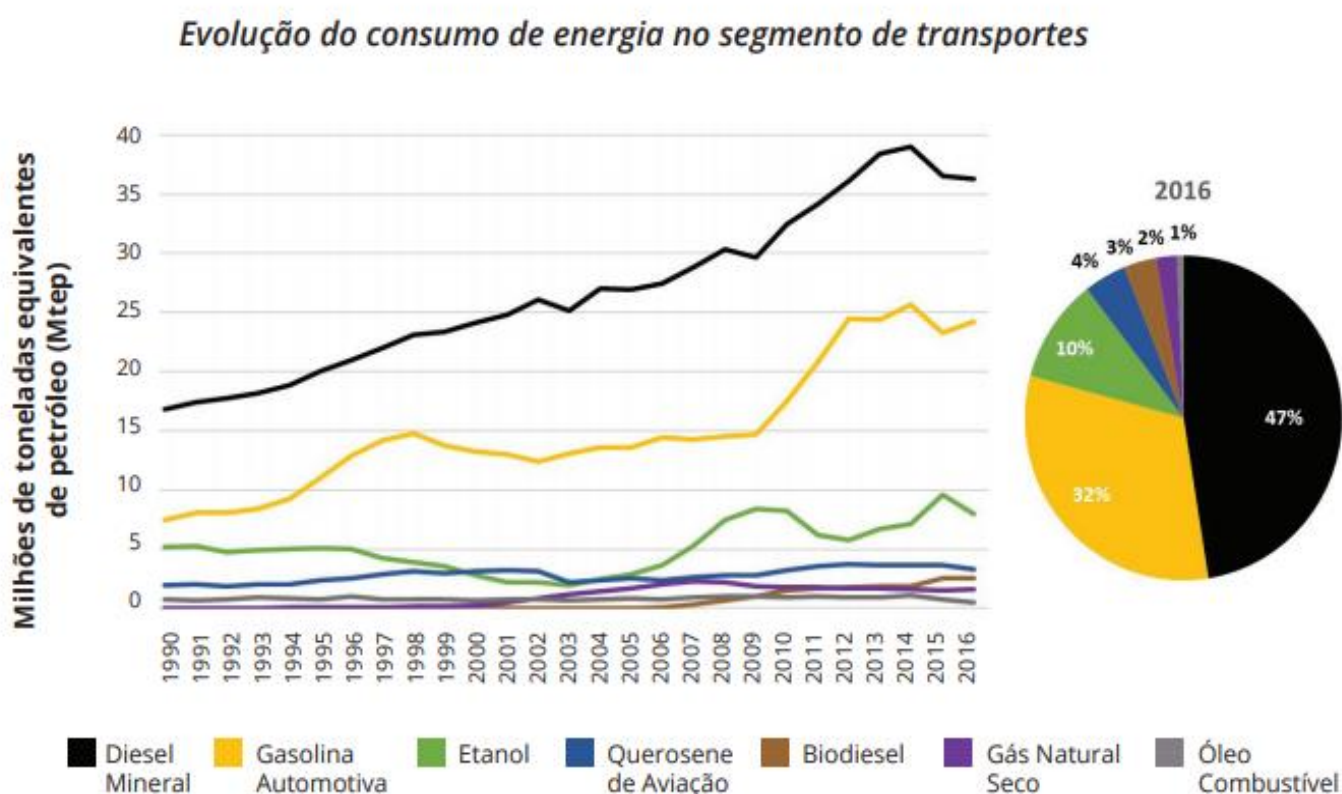
Pode dizer que o setor de energia está dividido em oito partes, sendo elas: transportes, geração de eletricidade, residencial, comercial, industrial, produção de combustíveis, agropecuária e público.



(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

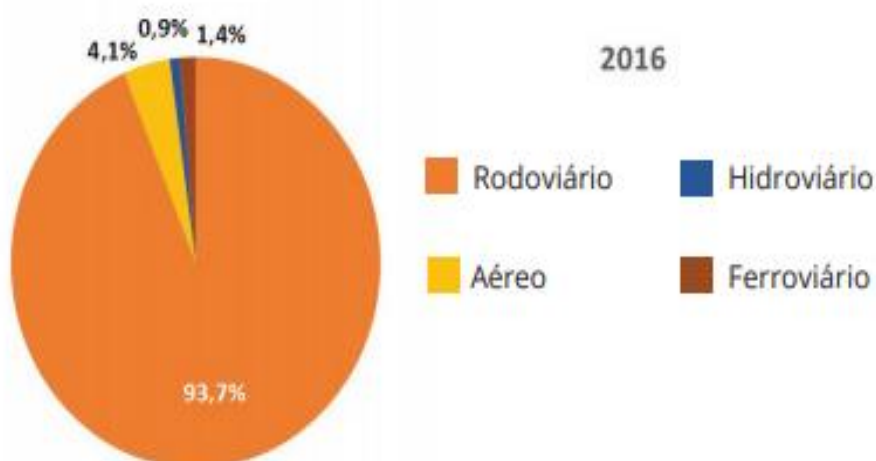
### 4.1.3 TRANSPORTE

Segundo o SEEG, nos últimos dez anos o segmento de transportes apresentou a maior taxa média de crescimento do consumo de energia – 4,4% ao ano, entre 2006 e 2016, valendo destacar que o perfil de demanda de energia nessa atividade é caracterizado pela predominância do modo rodoviário, que respondeu por 93,7% do consumo em 2016, e pela pesada dependência do petróleo (78% do consumo em 2016)



(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

## Perfil de demanda de energia

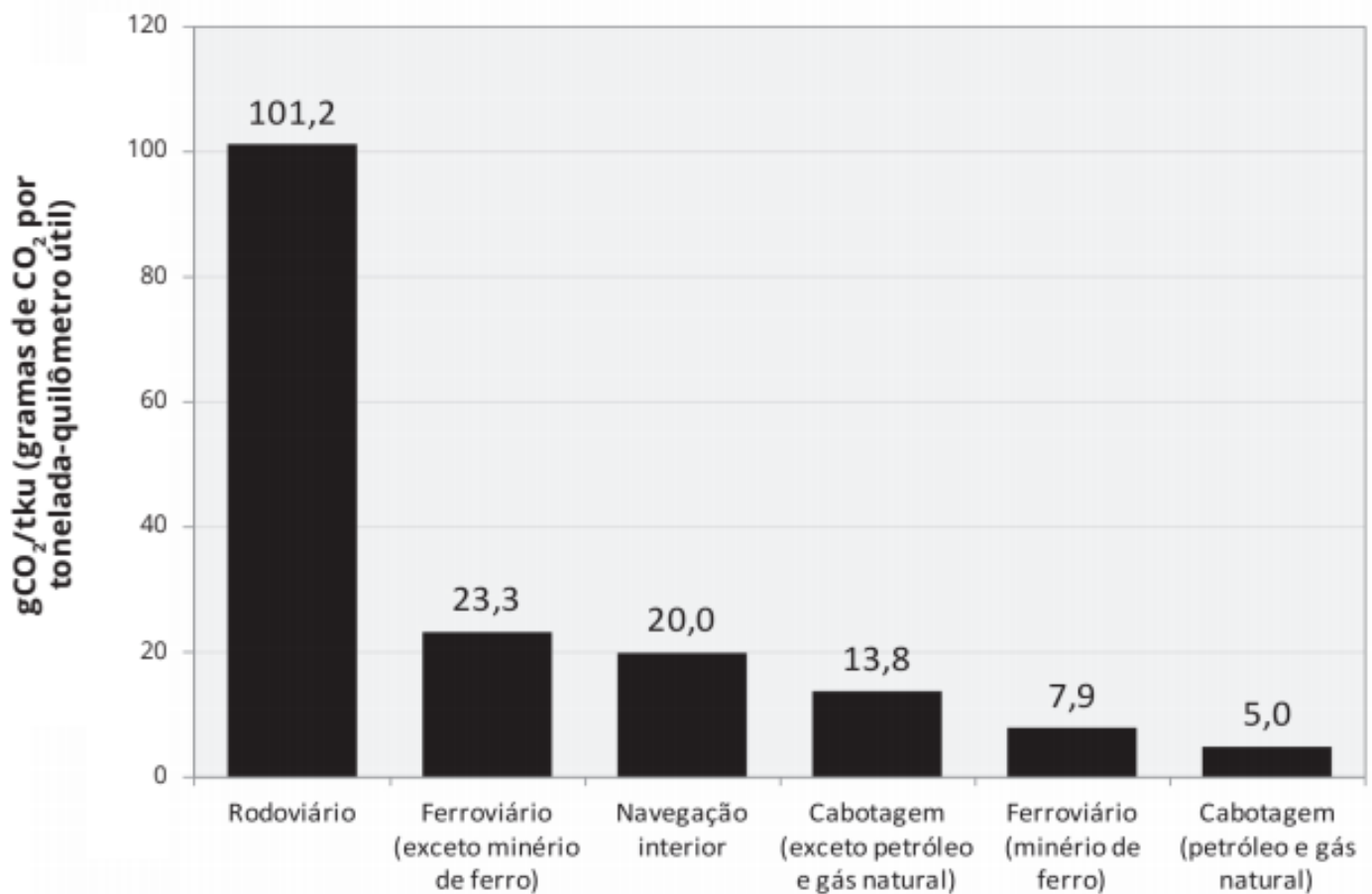


(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

O transporte de cargas no Brasil emitiu 101,9 MtCO<sub>2</sub>e em 2016, o que correspondeu a, aproximadamente, metade das emissões do segmento de transportes ou um quinto das emissões do universo dos setores de Energia e PIUP. A elevada predominância do modo rodoviário no país, quando comparado a outros países de dimensões continentais, explica, em grande medida, a enorme importância que o óleo diesel tem no consumo energético dos transportes e nas emissões de GEE relacionadas à energia, bem como a presença dos caminhões como

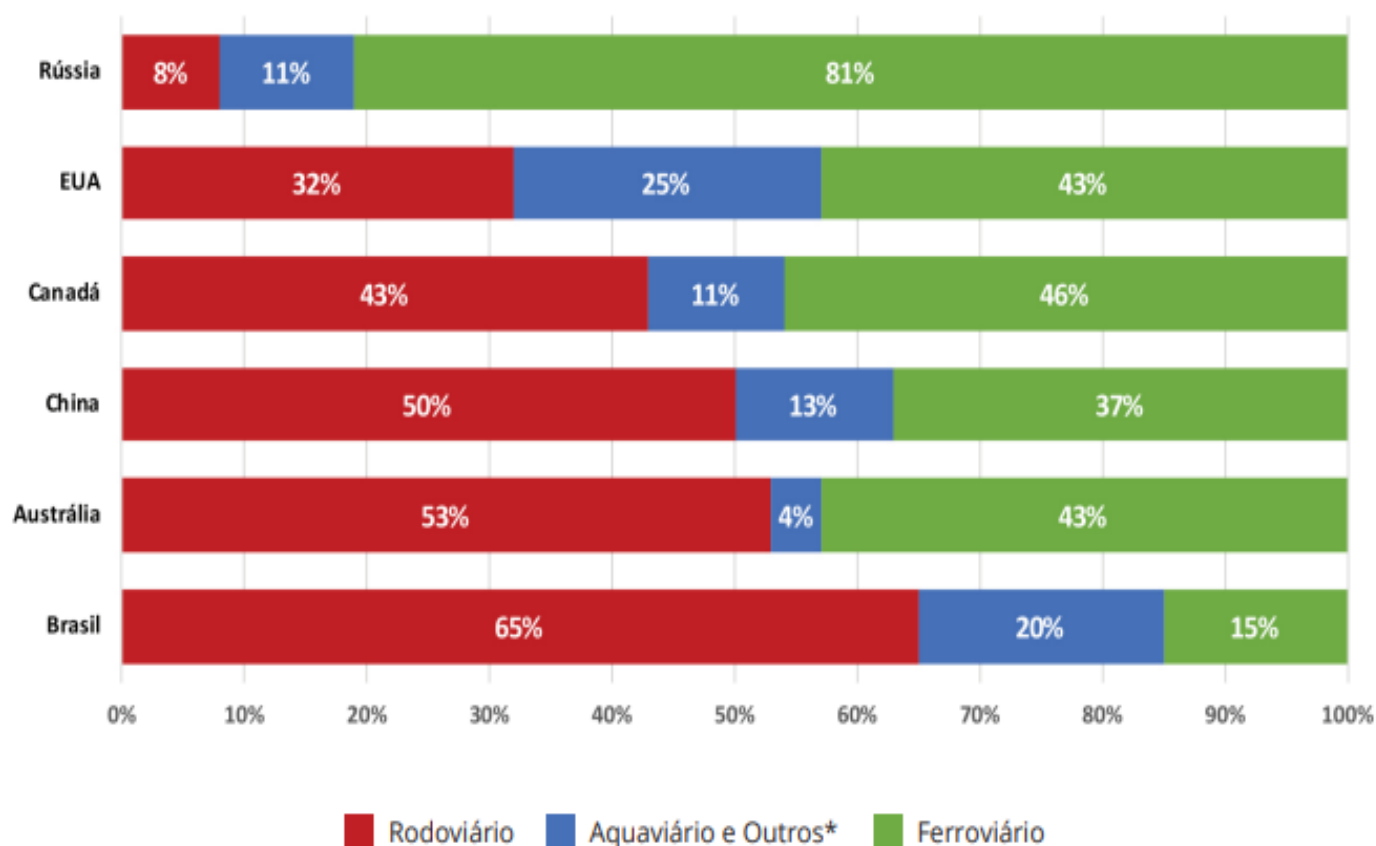
principal fonte emissora, não apenas no segmento de transportes, mas no setor de energia como um todo. Basta ver que as emissões dessa categoria de veículos no Brasil (84,5 MtCO<sub>2</sub>e) são maiores, por exemplo, do que as emissões de toda a queima de combustíveis no segmento industrial (66,9 MtCO<sub>2</sub>e) ou mesmo do que as emissões do conjunto de termelétricas em operação em 2016 (54,2 MtCO<sub>2</sub>e). (SEEG, 2018)

### *Emissão específica de CO<sub>2</sub> por modo de transporte de carga no Brasil*



(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

### *Divisão modal no transporte de carga em países selecionados em 2015*



\* Outros modos incluem o transporte de cargas dutoviário e aéreo.

(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

O transporte de passageiros apresentou um consumo total de 44,8 Mtep em 2016, dos quais 32,0 Mtep corresponderam ao uso de combustíveis fósseis, o que levou à emissão de 102,2 MtCO<sub>2</sub>e, representando 19,7% das

emissões do universo dos setores de Energia e PIUP (SEEG, 2018).

A quantidade de carbono emitida na queima do combustível deve ser calculada da seguinte forma:

- $QC = CC \times Femiss \times 10^{-3}$  onde,  
QC = conteúdo de carbono expresso em GgC;
- CC = consumo de energia em TJ;
- Femiss = fator de emissão de carbono (tC/TJ). Os valores do IPCC, 1996 e MCT, 1999 dos Femiss são: gasolina (18,9 tC/TJ); álcool anidro (14,81 tC/TJ); álcool hidratado (14,81 tC/TJ); diesel (20,2 tC/TJ); gás natural seco (15,3 tC/TJ); •  $10^{-3} = \text{tC/GgC}$ .

## Estimativa da frota circulante no Estado de São Paulo em 2016

Categoria		Combustível	2016
Automóveis		Gasolina C	3.153.818
		Etanol Hidratado	258.559
		<i>Flex-fuel</i>	6.789.983
Comerciais Leves		Gasolina C	583.430
		Etanol Hidratado	25.103
		<i>Flex-fuel</i>	949.552
		Diesel	413.733
Caminhões	Semileves	Diesel	36.022
	Leves		114.577
	Médios		65.931
	Semipesados		113.330
	Pesados		118.826
Ônibus	Urbanos	Diesel	63.817
	Micro-ônibus		14.393
	Rodoviários		28.604
Motocicletas		Gasolina C	1.968.248
		<i>Flex-fuel</i>	597.269
Total			15.295.196

(Fonte: CETESB)



# Estimativa da frota circulante no Município de São Paulo em 2016

Categoria		Combustível	2016
Automóveis		Gasolina C	1.123.667
		Etanol Hidratado	71.130
		Flex- fuel	2.147.287
Comerciais Leves		Gasolina C	237.681
		Etanol Hidratado	6.367
		Flex- fuel	264.376
		Diesel	119.757
Caminhões	Semi leves	Diesel	7.035
	Leves		22.495
	Médios		12.936
	Semi Pesados		22.738
	Pesados		23.694
Ônibus	Urbanos	Diesel	20.304
	Micro-ônibus		9.026
	Rodoviários		4.572
Motocicletas		Gasolina C	427.123
		Flex- fuel	77.560
Total			4.597.748

(Fonte: CETESB)

Segundo o plano de controle de poluição veicular, um grande volume desses veículos em circulação tem idade avançada: 34% deles tinham mais que 20 anos de uso em 2016. Nesse caso, o impacto se agrava pela

tecnologia de controle da emissão defasada, pelo desgaste natural do motor e componentes e pela manutenção pouco eficiente no aspecto ambiental. Além disso, a formação de grandes congestionamentos

provocados por esses mesmos automóveis implica em emissão ainda maior.

No transporte de passageiros, o modo rodoviário é predominante, respondendo, em 2016, por 90% das suas emissões de CO<sub>2</sub>e

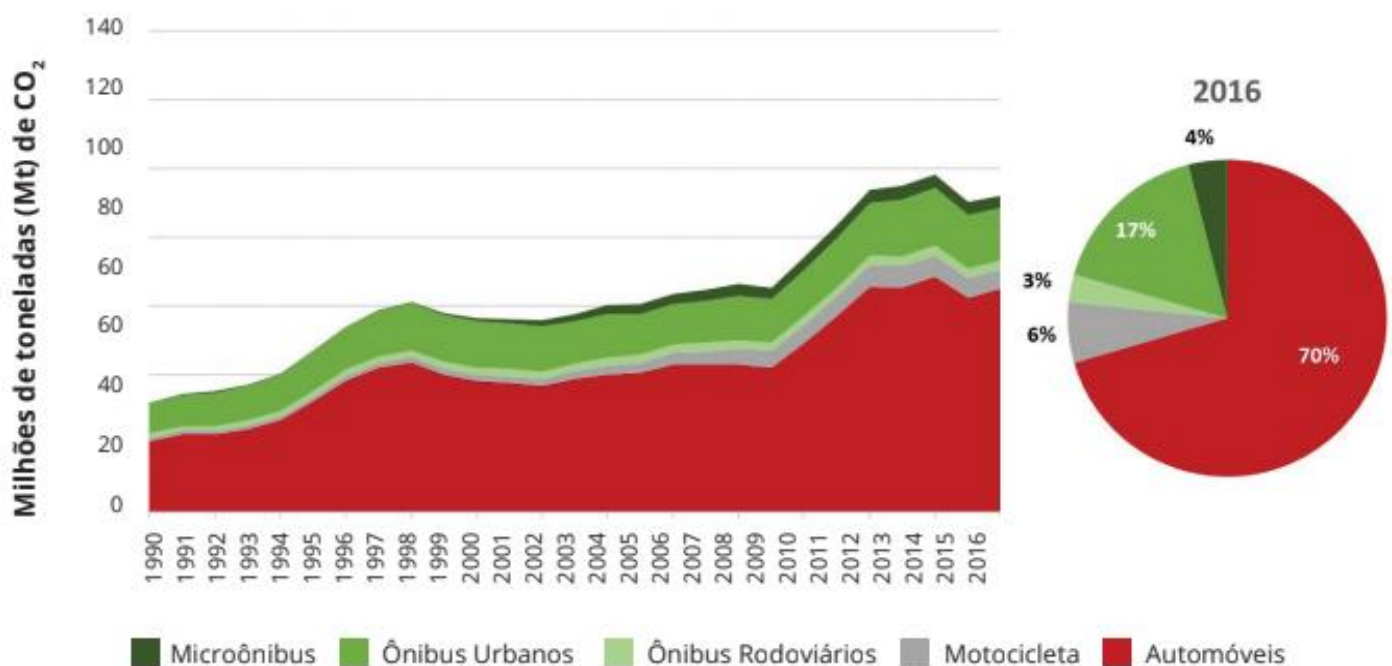
**Estimativa da idade média da frota circulante no Estado de São Paulo em 2016**

Categoria		Combustível	Idade média (anos)
Automóveis		Gasolina C	16,2
		Etanol	26,0
		<i>Flex-fuel</i>	6,1
Comerciais Leves		Gasolina C	11,8
		Etanol	25,7
		<i>Flex-fuel</i>	5,8
		Diesel	8,3
Caminhões	Semileves	Diesel	17,5
	Leves		14,2
	Médios		17,1
	Semipesados		9,3
	Pesados		8,9
Ônibus	Urbanos	Diesel	11,1
	Rodoviários		12,6
	Micro-ônibus		9,8
Motocicletas		Gasolina C	9,2
		<i>Flex-fuel</i>	3,8
Total			9,3

Fonte: CETESB (4)

(92,1 Mt). É digno de nota o acelerado ritmo de crescimento das emissões no período estudado, especialmente dos automóveis. Não por acaso, em 2016, o transporte individual foi responsável por 77% das emissões associadas ao transporte rodoviário de passageiros (SEEG, 2018).

*Evolução das emissões de GEE no transporte rodoviário de passageiros*

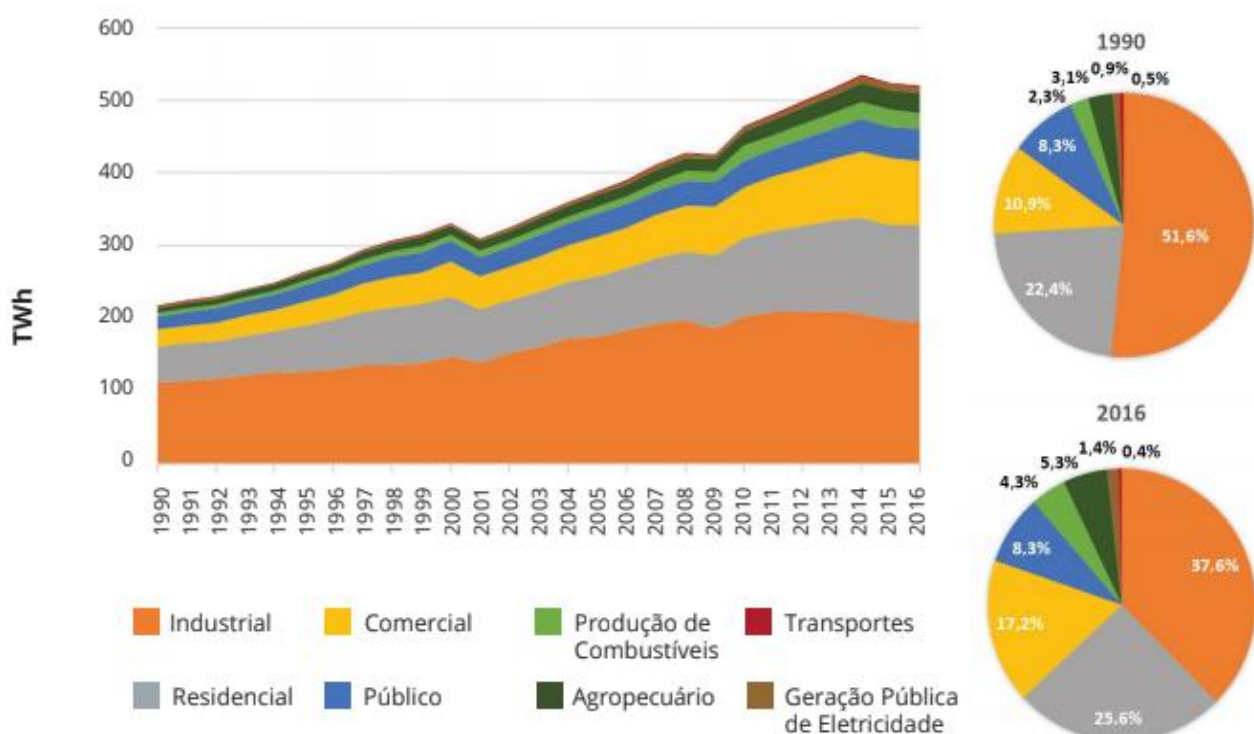


(Dados: SEEG, Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos.)

## 4.1.4 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Segundo o SEEG, a demanda de eletricidade no Brasil mais que dobrou entre 1990 e 2016. O segmento industrial é responsável pela maior parte do consumo de energia elétrica no país, respondendo, em 2016, por 38% do consumo total, seguido pelo segmento residencial, com 26%.

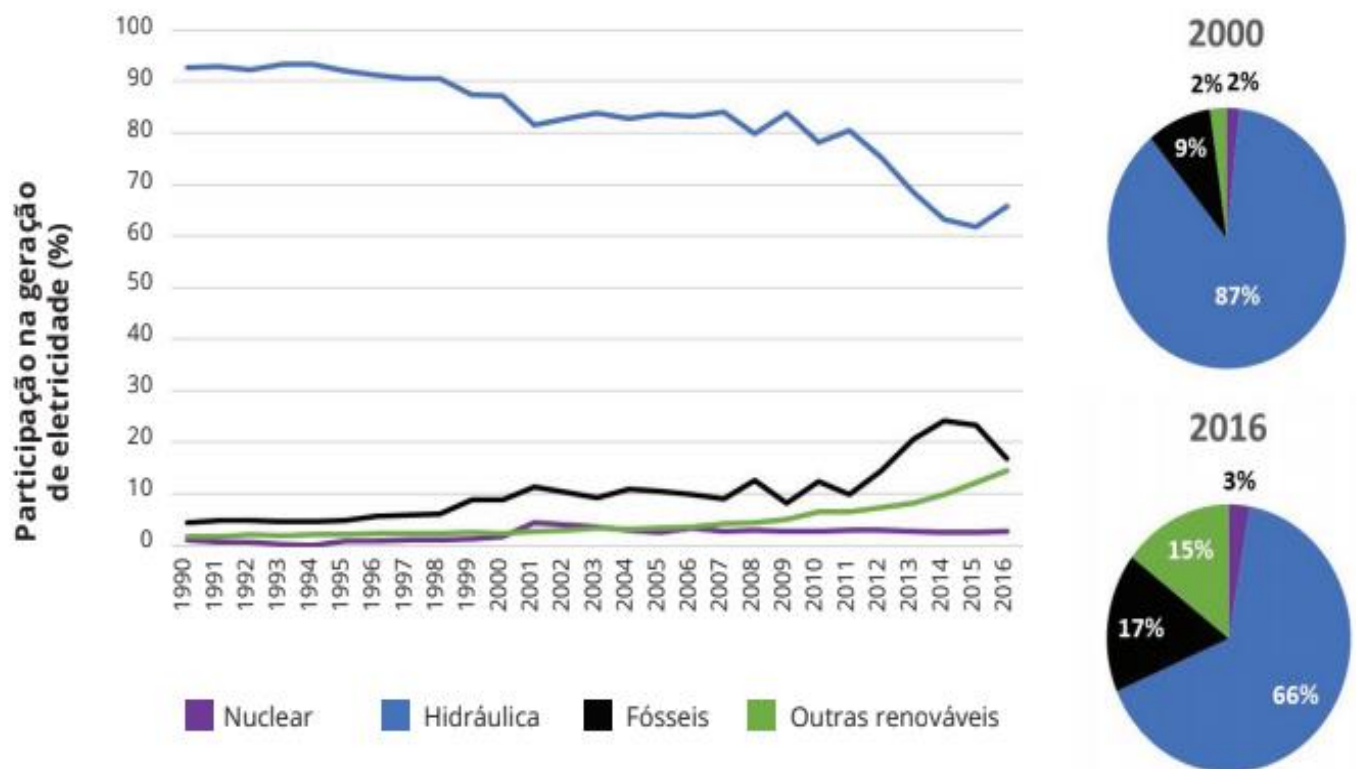
*Evolução da demanda de energia elétrica por segmento de consumo (1990-2016)*



Este último vem crescendo nos últimos dez anos a uma taxa média de 4,5% ao ano. Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.

Apesar de as usinas hidrelétricas serem as maiores responsáveis, de longe, pelo atendimento da demanda, a geração termelétrica a partir de combustíveis fósseis tem, desde 2000, aumentado sua participação na geração elétrica, passando de 9% para 17% em 2016. Quanto à hidroeletricidade, é notória a queda de sua participação, variando de 87% em 2000 para 66% em 2016 (SEEG 2018).

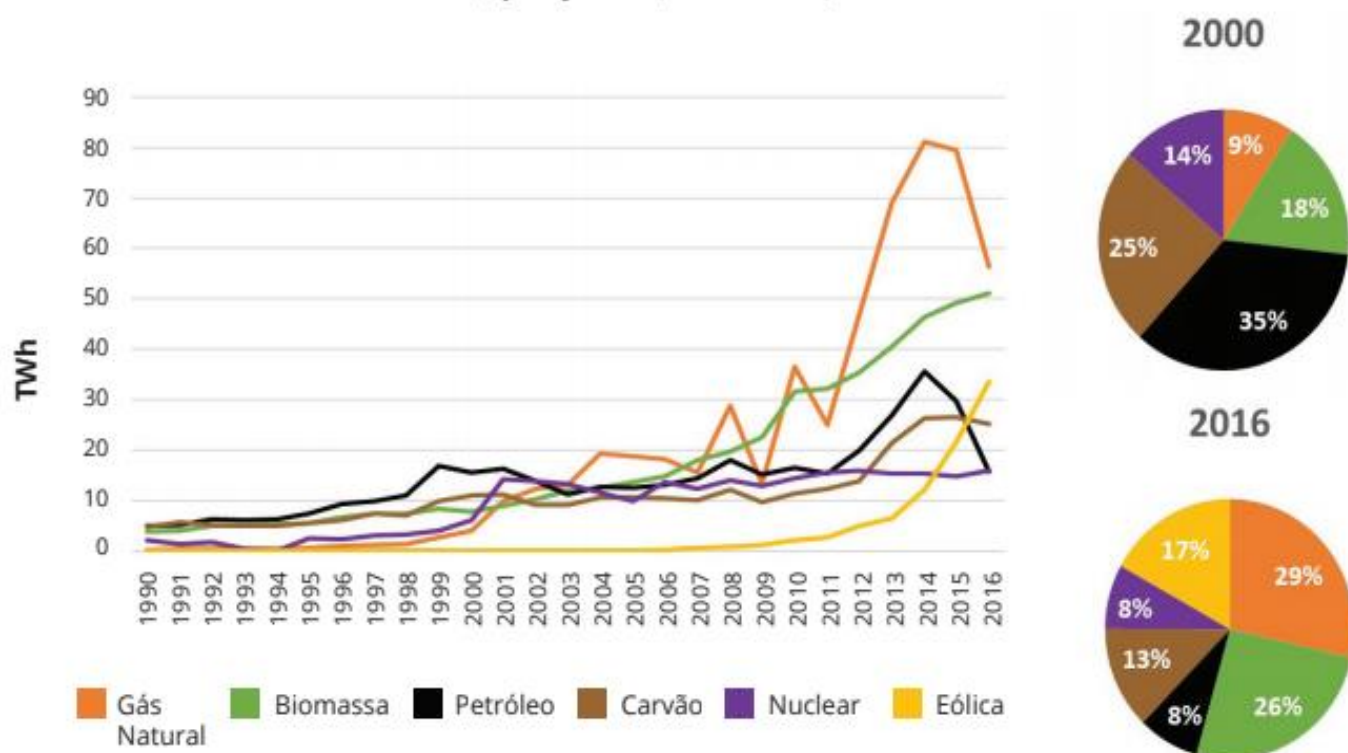
*Evolução da participação das fontes primárias na geração de eletricidade (1990-2016)*



(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)



*Evolução da geração de eletricidade de origem não hídrica, por fonte (1990-2016)*



(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

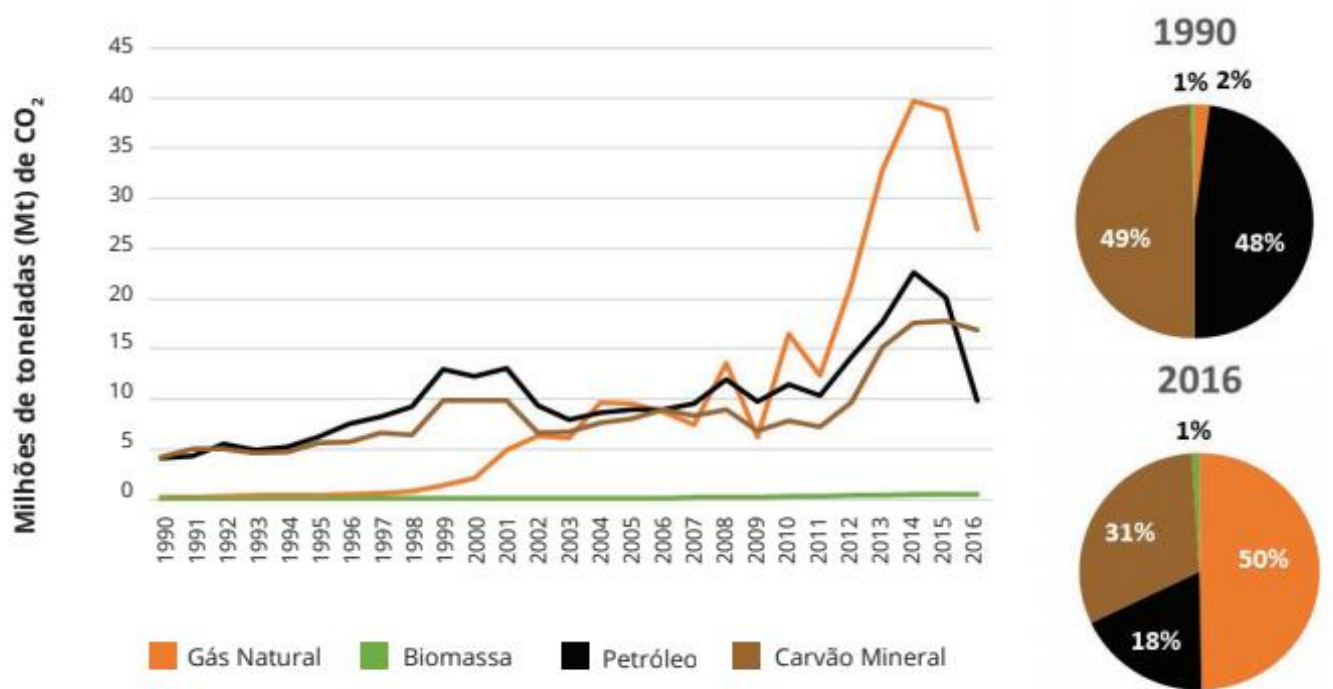
A geração não-hídrica no período esteve alicerçada, principalmente, no uso de combustíveis fósseis – gás natural, derivados de petróleo e carvão mineral – os quais, em 2016, representaram 49% de toda a geração não-hídrica, seguidos pela biomassa (26%), pela energia eólica (17%) e pela nuclear (8%). Entre 2012 e 2016, a geração de



eletricidade a partir de combustíveis fósseis passou de 80,6 TWh para 97,5 TWh, um crescimento de 21%. Este crescimento só não foi maior devido às gerações a biomassa e eólica, que também ampliaram sua participação na matriz elétrica brasileira (SEEG, 2018).

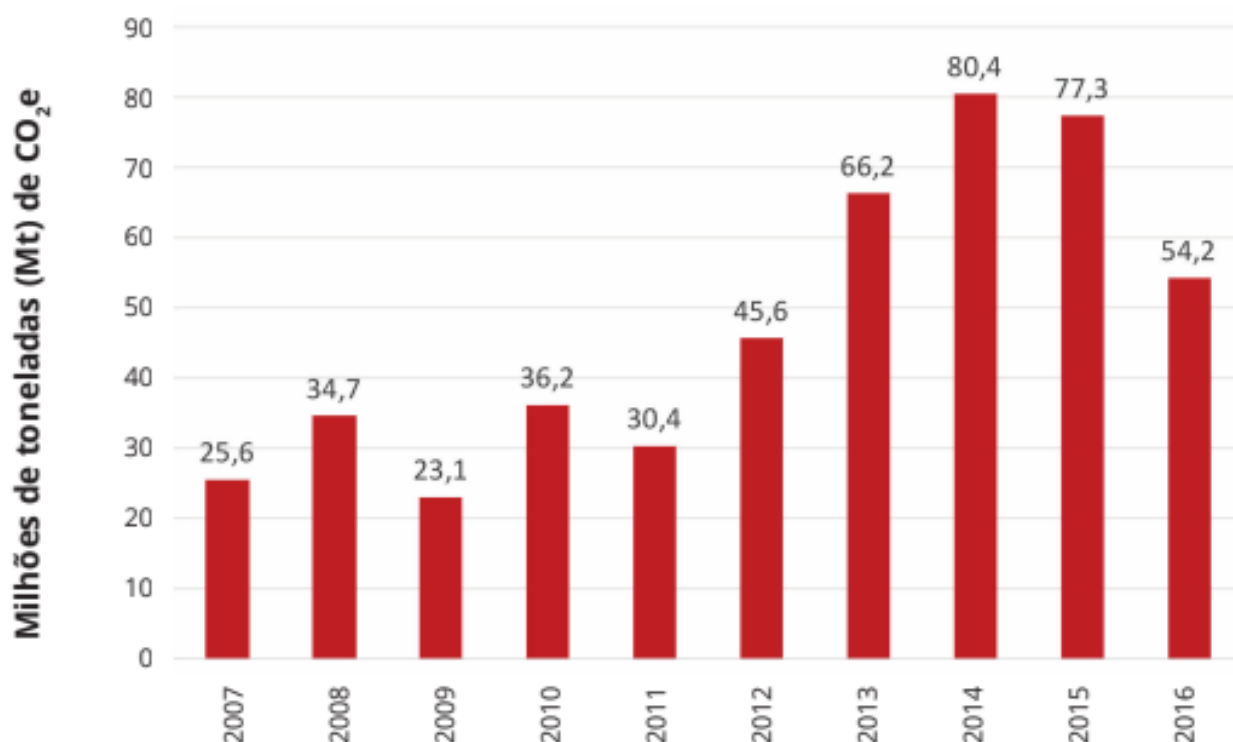
Segundo o SEEG, em decorrência do aumento da participação da termeletricidade a combustível fóssil, as emissões de GEE na geração de eletricidade aumentaram mais de seis vezes entre 1990 (8,6 MtCO<sub>2</sub>e) e 2016 (54,2 MtCO<sub>2</sub>e), representando, em 2016, 13% do total do setor de energia e ocupando a posição de terceiro maior emissor, depois dos transportes e da indústria, respectivamente. Em 2016, das emissões decorrentes da geração termelétrica, aquelas provenientes do uso de gás natural corresponderam a 50%, contra 18% das emissões de derivados de petróleo e 31% do uso de carvão mineral e derivados.

*Evolução das emissões de GEE na geração de eletricidade,  
por fonte primária (1990-2016)*



(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

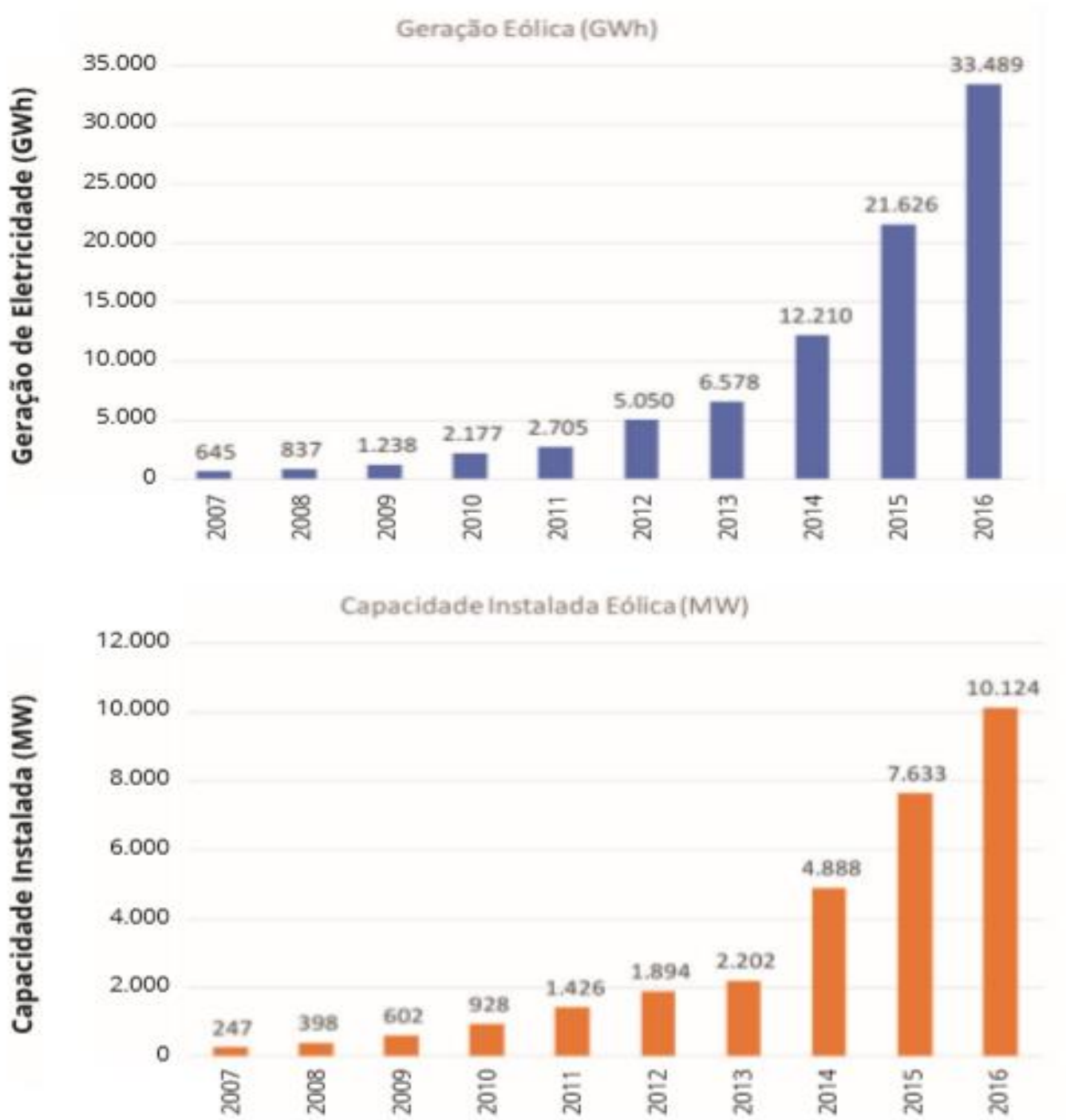
*Evolução anual das emissões de GEE associadas à geração de eletricidade (2007-2016)*



(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

Por fim, cabe trazer alguns dados sobre a expansão tanto da capacidade instalada quanto da geração a partir das renováveis não-hídricas. Como já delineado, a fonte eólica foi a que apresentou o maior crescimento nos últimos anos, tanto em termos de capacidade instalada quanto em termos de geração (SEEG, 2018).

***Evolução da geração (GWh) e da capacidade instalada (MW) da fonte eólica (2007-2016)***



(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

#### **4.1.5 INDÚSTRIA**

Segundo o SEEG, o caso das emissões associadas à indústria, calculam-se separadamente: aquelas que ocorrem por processos de transformação química e/ou física de materiais, aquelas que ocorrem pela queima de combustíveis, e aquelas que ocorrem pela disposição de resíduos. Essas três classes de emissões são contempladas em “setores IPCC” distintos, quais sejam: Processos Industriais e Uso de Produtos (PIUP), Energia e Resíduos, respectivamente. No entanto, se essa metodologia estabelece procedimentos cuidadosos na contabilização das emissões industriais, por outro lado os recortes por ela determinados não são suficientes para estudar as tendências relativas às emissões industriais. Desta forma, as emissões apresentadas aqui são aquelas contabilizadas nos “setores IPCC” de Energia

e de PIUP, onde que as emissões foram contabilizadas conforme os seguintes agrupamentos:

- Produção de metais: produção de ferro-gusa e aço, ferroligas, alumínio, magnésio e outros metais não-ferrosos;
- Produtos minerais: produção de cal, cimento e vidro e consumo de barrilha;
- Indústria química: produção de ácido adípico, ácido fosfórico, ácido nítrico, acrilonitrila, amônia, caprolactama, carbureto de cálcio, cloreto de vinila, eteno, metanol, negro-de-fumo, óxido de eteno, coque de petróleo calcinado e outros petroquímicos;
- Emissões de hidrofluorcarbonos (HFCs);
- Uso de hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>) em equipamentos elétricos;
- Uso não energético de combustíveis e uso de solventes.

Já as emissões relacionadas à queima de combustíveis (consumo final energético e autoprodução de eletricidade) foram estimadas conforme a divisão de ramos industriais do Balanço Energético Nacional: Ferro-gusa e aço, Cimento, Química, Não-ferrosos e outros da metalurgia, Mineração e pelotização, Alimentos e bebidas, Cerâmica, Papel e celulose, Têxtil, Ferroligas e Outras indústrias.

Somadas, as emissões decorrentes da queima de combustíveis e dos PIUP apresentaram um crescimento anual médio de 2,4% entre 1990 e 2016 variando de 88,4 para 162,5 MtCO<sub>2</sub>e (SEEG, 2018).

Nesse caso é indicado a estimativa das emissões de GEE pelo método “top-down”,

$$\boxed{CC = CA \times F_{conv} \times 45,2 \times 10^{-3} \times F_{corr}} \quad \text{onde,}$$

convertendo todas as medidas de consumo de combustível para uma unidade comum:

· 1 **tEP**(Brasil) =  $45,2 \times 10^{-3}$  TJ (tera-joule =  $10^{12}$  J);

· **CC** = consumo de energia em TJ;

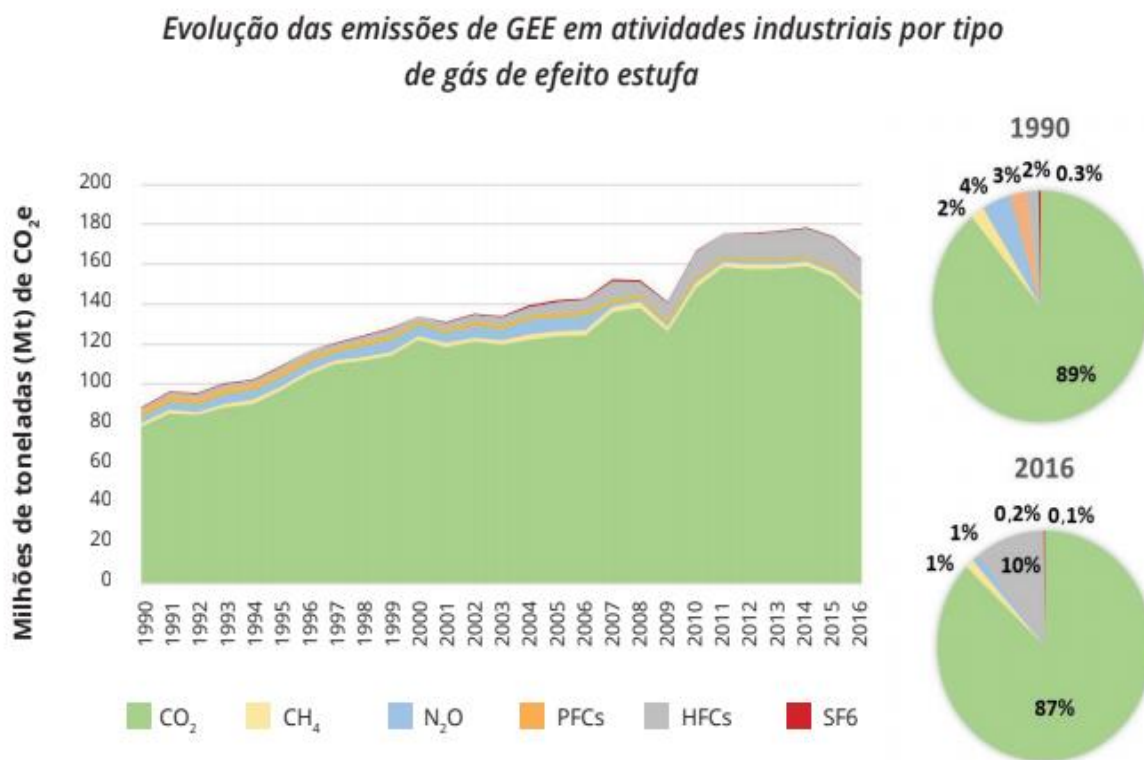
· **CA** = consumo de combustível ( $m^3$  , l, kg);

· **Fconv** = fator de conversão da unidade física de medida da quantidade de combustível para tEP, com base no poder calorífico superior (PCS) do combustível (valores podem variar de ano para ano, de acordo com a publicação anual do BEN pelo MME [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)). Os valores do ano 2000 dos Fconv são: gasolina ( $0,771 \text{ tEP}/m^3$ ); álcool anidro ( $0,520 \text{ tEP}/m^3$ ); álcool hidratado ( $0,496 \text{ tEP}/m^3$ ); diesel ( $0,848 \text{ tEP}/m^3$ ); gás natural seco ( $0,857 \text{ tEP}/103 \text{ m}^3$ );

· **Fcorr** = fator de correção de PCS para PCI (poder calorífico inferior). No BEN, o conteúdo energético tem como base o PCS,



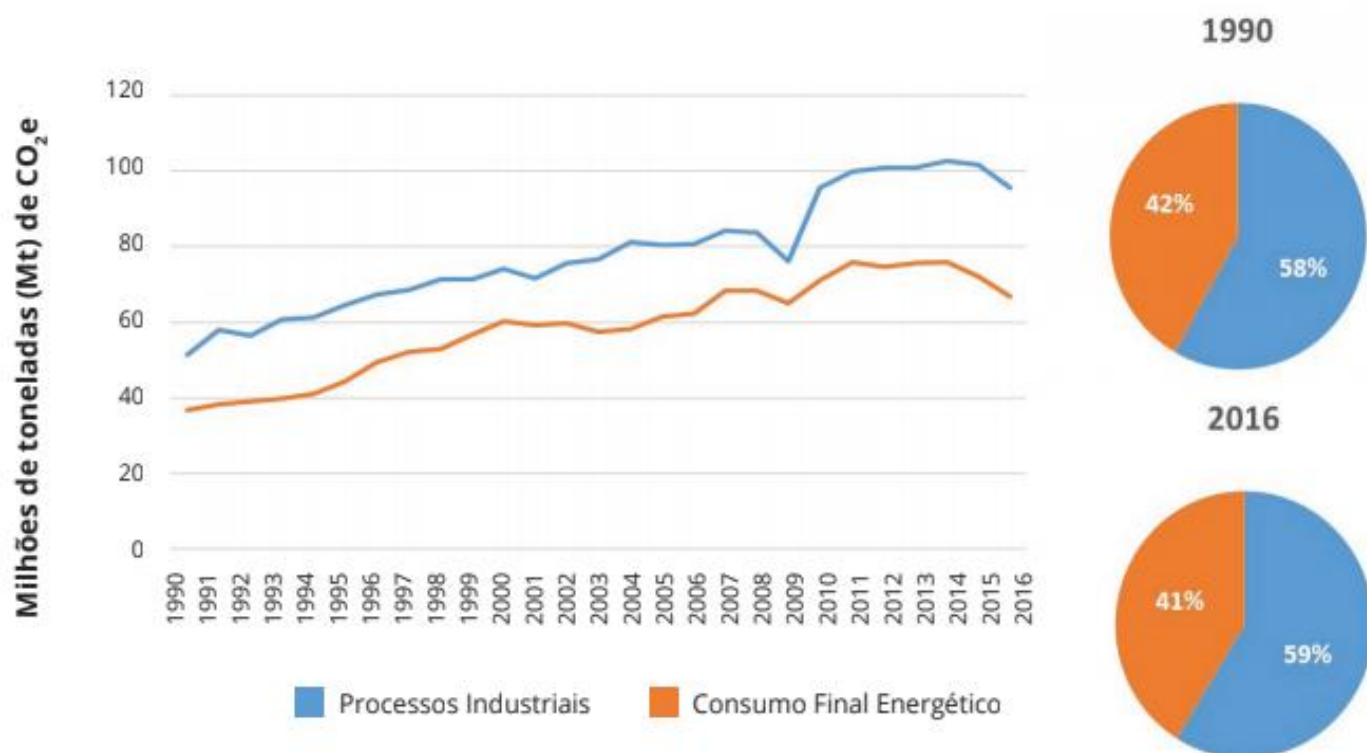
mas para o IPCC, a conversão para unidade comum de energia deve ser feita pela multiplicação do consumo pelo PCI. Para combustíveis sólidos e líquidos o  $F_{corr} = 0,95$  e para combustíveis gasosos, o  $F_{corr} = 0,90$ , conforme Ministério da Ciência e Tecnologia



– MCT.

(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

### Evolução das emissões de GEE em atividades industriais por tipo de atividade

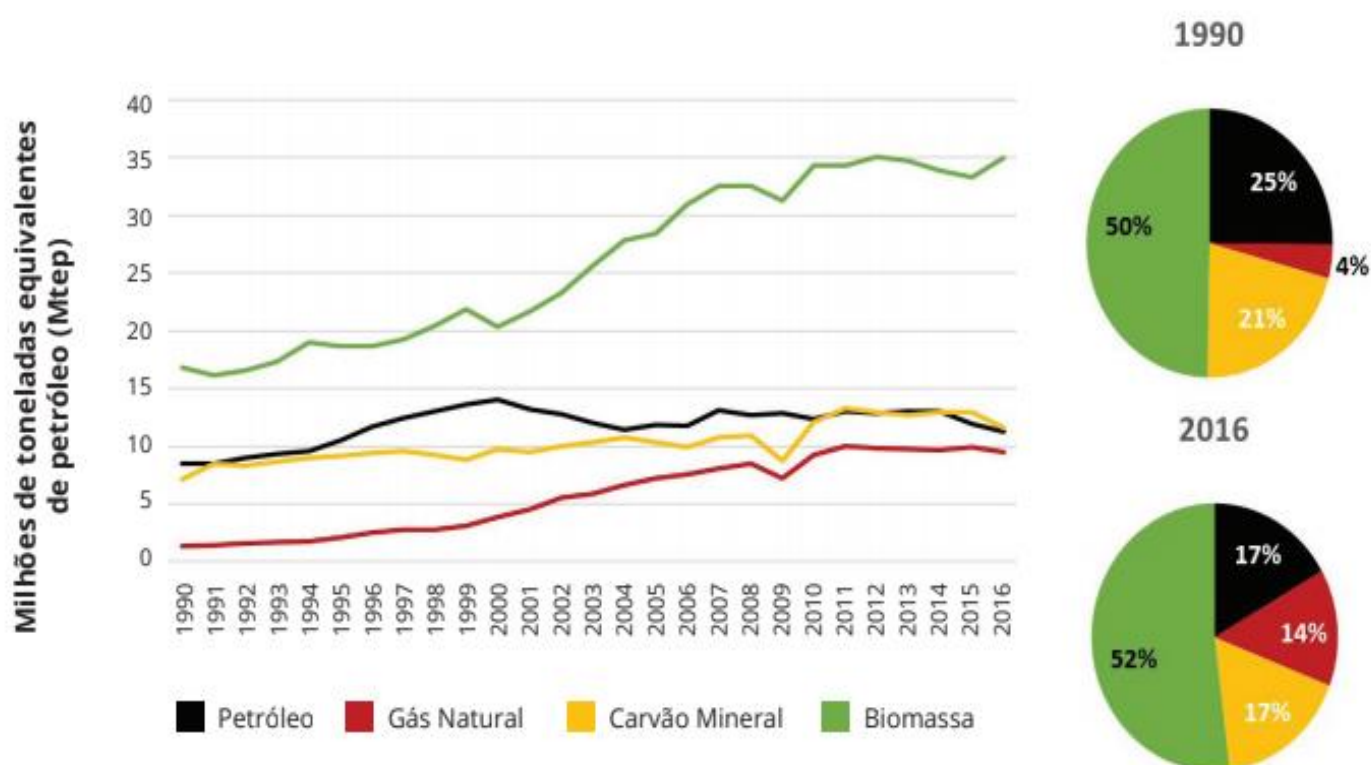


(Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.)

Segundo o SEEG, quanto à matriz energética da indústria, ressalta-se a grande participação histórica da biomassa nesse setor, constituindo metade da matriz em 2016. Alguns destaques são o uso de bagaço de cana-de-açúcar na indústria de alimentos e bebidas, o consumo de lixívia e de lenha na indústria de papel e celulose (apenas esses três consumos somados representaram 31%

(25,7 Mtep) do consumo de combustíveis na indústria em 2016), além da presença da lenha e do carvão vegetal como fontes complementares de energia em ramos da metalurgia e siderurgia.

*Evolução do consumo de energia em atividades industriais por fonte primária*



Dados: SEEG, Emissões dos Setores de Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos.

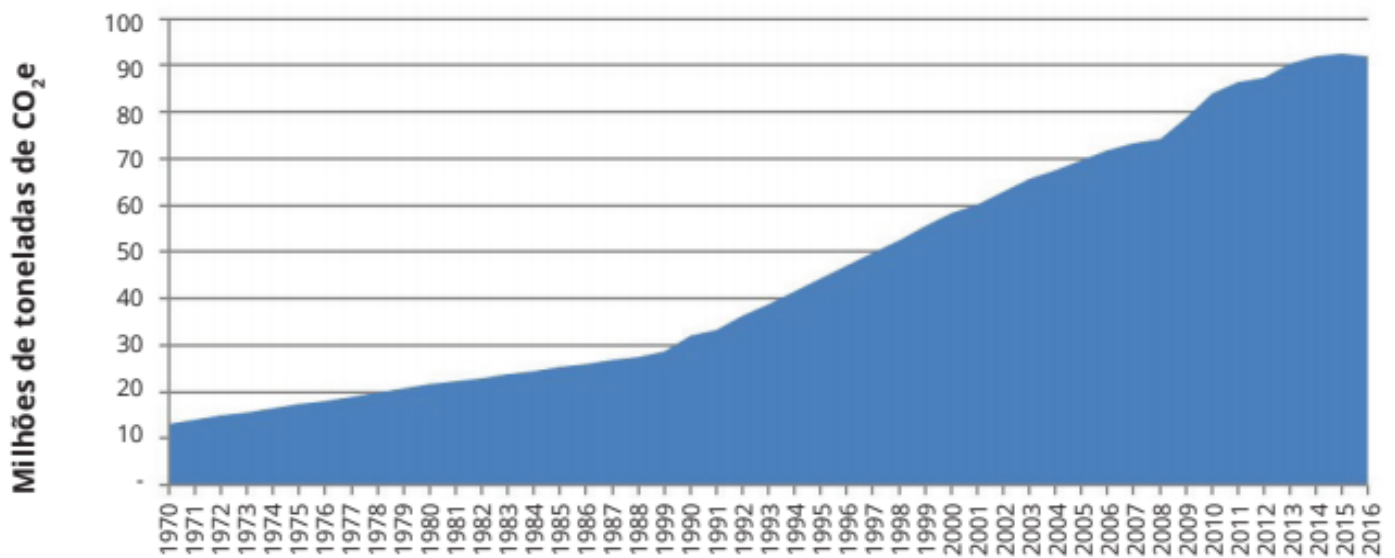
#### 4.1.6 GERAÇÃO DE RESÍDUOS

A geração de resíduos, sua destinação e sua disposição final são inerentes à sociedade e produzem emissões de gases

de efeito estufa, que agravam as mudanças climáticas. O setor contempla a estimativa de emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) provenientes de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos, incineração de resíduos industriais e de serviço de saúde e tratamento e afastamento de efluentes líquidos domésticos e industriais (SEEG, 2018).

Segundo o SEEG, no ano de 2016, as emissões do setor de resíduos totalizaram 91,97 milhões de toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente ( $\text{Mt CO}_2\text{e}$ )<sup>7</sup>, representando em torno de 4% das emissões nacionais. No período de 1970 a 2016, as emissões acumuladas do setor de resíduos assumiram o valor de 1,738 bilhão de toneladas de  $\text{CO}_2\text{e}$ , que por sua vez representam 2,78% no valor total de emissões acumuladas do Brasil.

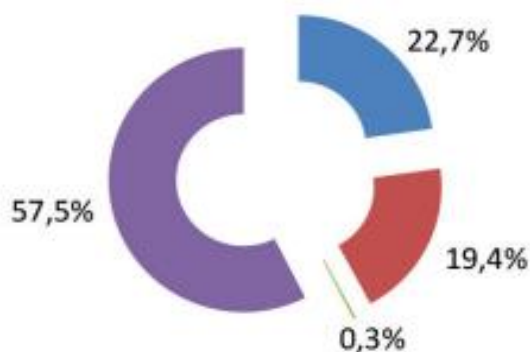
### Emissões de GEE pelo setor de resíduos (1970-2016)



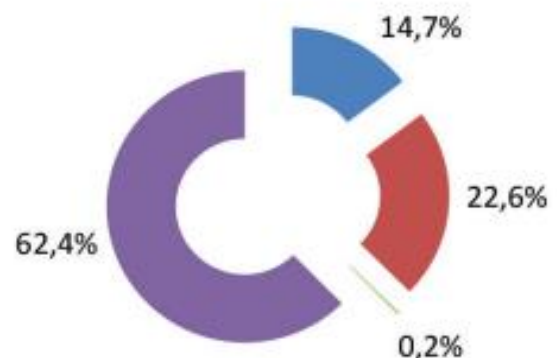
(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Resíduos)

### Contribuição (%) por subsetor nas emissões totais de GEE

a) Ano de referência 2016



b) Média da contribuição no período entre 1970-2016



■ Efluentes Líquidos Industriais ■ Efluentes Líquidos Domésticos ■ Incineração ■ Disposição Final

(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Resíduos)

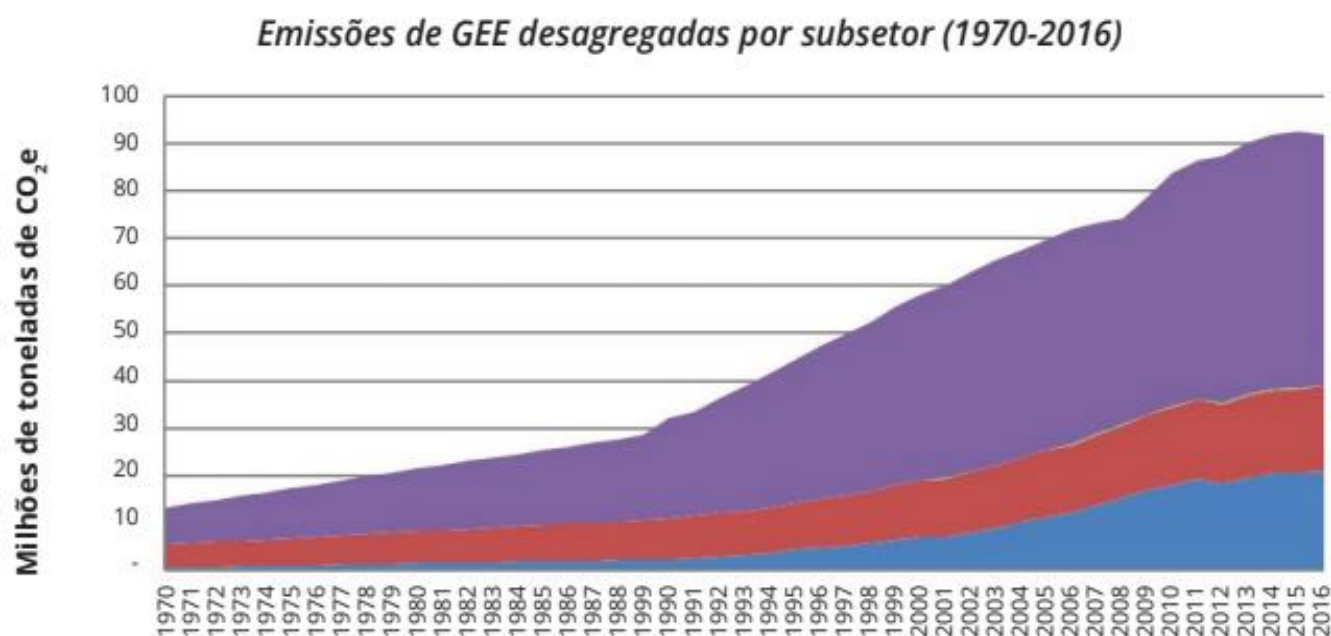
Segundo o SEEG, as emissões do setor são principalmente associadas à disposição final de RSU em aterros sanitários, aterros controlados ou lixões, que respondeu por 62,4% das emissões do setor entre 1970-2016. O segundo subsetor que mais contribui é o tratamento e afastamento de efluentes líquidos domésticos, com média de 22,6% para o mesmo período. A terceira maior fonte de emissões é o tratamento de efluentes líquidos industriais, com índice médio de 14,7% do total de emissões. Por fim, observa-se a contribuição média de 0,2% da incineração de resíduos de serviços de saúde e resíduos industriais.

Pode-se perceber que, em relação aos efluentes líquidos industriais, um gradativo aumento em relação a sua contribuição nas emissões totais de GEE, se comparada a sua média de contribuição no período de 1970-2016, e que em relação aos efluentes líquidos domésticos, houve uma gradativa



diminuição em relação a sua contribuição nas emissões totais de GEE (SEEG, 2018).

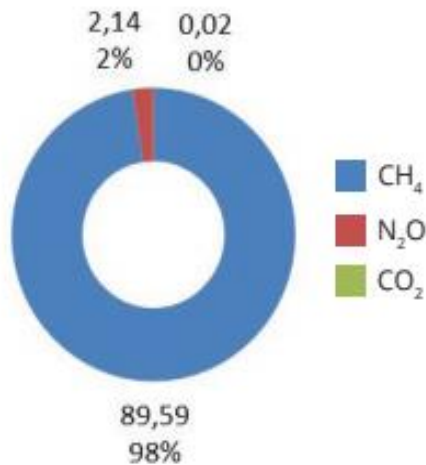
Segundo o SEEG, as emissões decorrentes do processo de incineração de RSS e RSI passaram a ser quantificadas a partir da década de 90 e, apesar de apresentarem um crescimento acentuado, representam uma contribuição pouco significativa no total de emissões de setor.



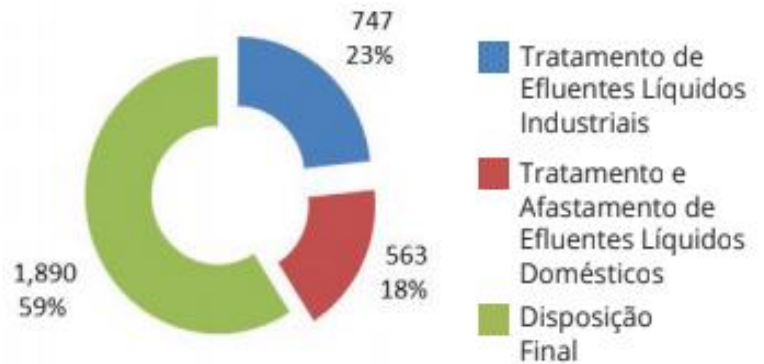
(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Resíduos)

### Emissões por tipo de GEE

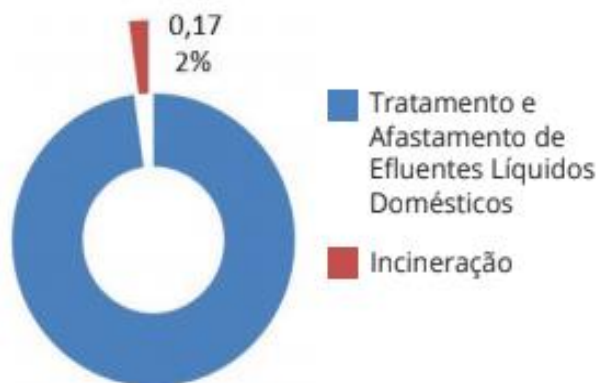
a) Desagregação das emissões por tipo de GE em Mt de CO<sub>2</sub>e



b) Emissões totais de metano (mil t de CH<sub>4</sub>) e contribuição por subsetor



Emissões totais de óxido de nitrogênio (mil t de N<sub>2</sub>O) e contribuição por subsetor



(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Resíduos)

Segundo o SEEG, As emissões de metano se destacam por receber contribuições do setor de disposição final de RSU e também pelo tratamento de efluentes líquidos, tanto industriais quanto domésticos.



Já as emissões de óxido nitroso ocorrem apenas pelo tratamento de efluentes líquidos domésticos e pela incineração de resíduos sólidos, sendo este último subsetor o único responsável pelas emissões de  $\text{CO}_2$ , o que justifica sua baixa contribuição. Das emissões totais em  $\text{CO}_2\text{e}$ , 97,6% das emissões são de  $\text{CH}_4$ , 2,3% são de  $\text{N}_2\text{O}$  e apenas cerca de 0,02% são emissões de  $\text{CO}_2$ .

#### **4.1.7 MUDANÇA DE USO DA TERRA**

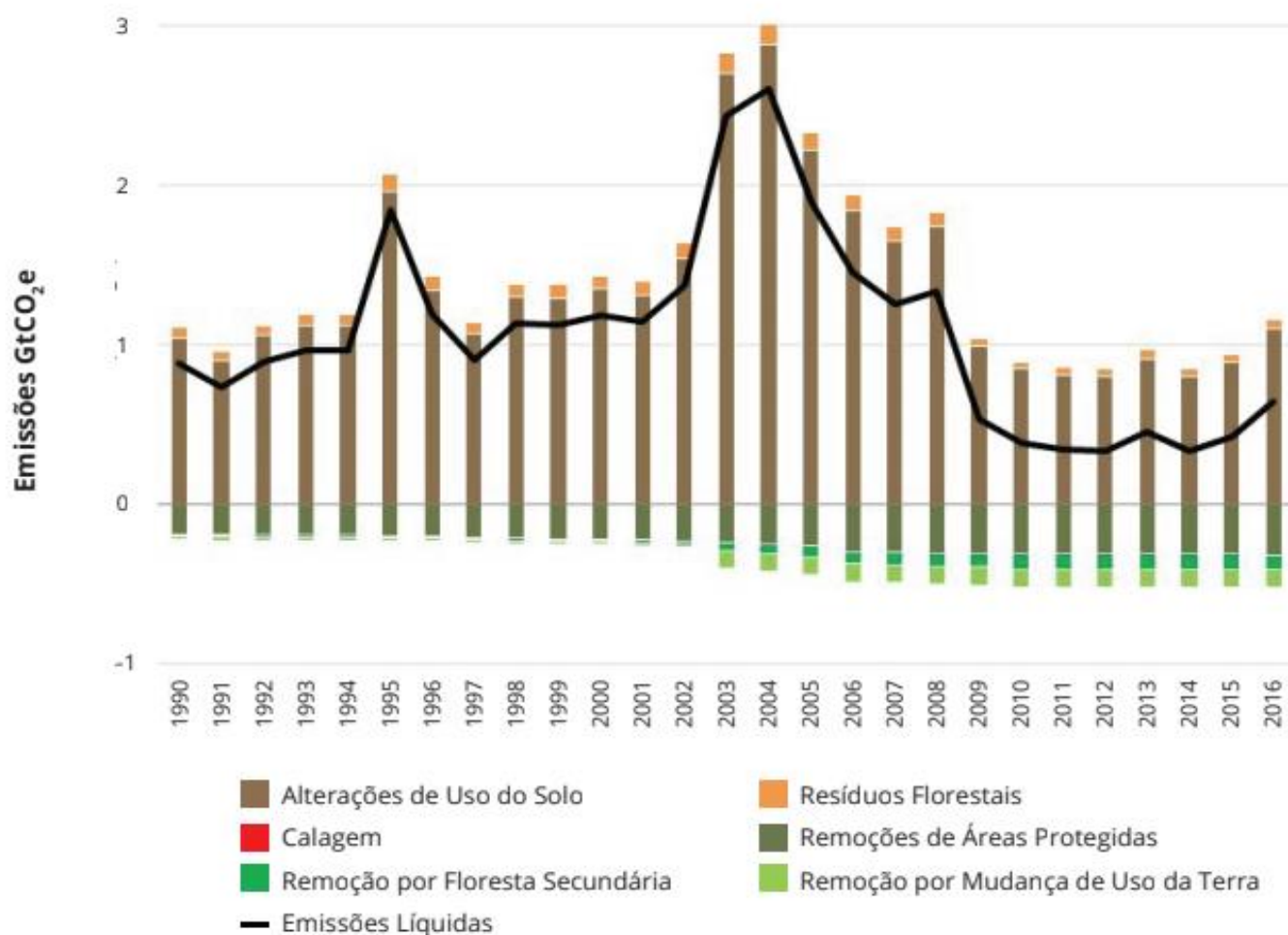
Segundo o SEEG, as fontes de emissões de GEE – dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) – do setor MUT englobam as alterações de uso e cobertura da terra, a queima de resíduos florestais e a calagem de solos. As fontes de remoções são florestas e vegetações não florestais localizadas em áreas protegidas que não foram convertidas para outros usos (como

pastagem e agricultura), bem como as florestas secundárias, conforme método do Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de GEE (MCTI, 2016). A soma das emissões e remoções resulta nas emissões líquidas. O desmatamento é a principal fonte de emissão do setor MUT.

Segundo o SEEG, As emissões brutas contabilizadas no setor MUT são aquelas oriundas de desmatamento, calagem e resíduos florestais para cada bioma. Essas emissões foram estimadas combinando dados de desmatamento e consumo aparente de calcário na agricultura com fatores médios de emissão publicados no Terceiro Inventário Nacional (MCTI, 2016). Dois tipos de remoções foram estimados: (i) sequestro de carbono pelo crescimento da vegetação em áreas protegidas (Unidades de Conservação - UC e Terras Indígenas - TI) e (ii) mudanças no estoque de carbono em

nível de ecossistemas pela mudança de uso da terra (por exemplo, área de pastagem convertida para reflorestamento comercial) ou de crescimento de florestas secundárias (área de pastagem para floresta secundária, por exemplo). O sequestro de carbono resultante do crescimento da vegetação natural fora de áreas protegidas não é contabilizado por não estar associado ao manejo humano. As remoções em áreas protegidas foram contabilizadas multiplicando-se fatores médios de remoção, calculados a partir do Terceiro Inventário Nacional, pela área de vegetação nativa remanescente das TIs e UCs.

*Emissões brutas e líquidas e remoções (em territórios indígenas, unidades de conservação e outros tipos de remoção, por mudança de uso da terra e floresta secundária) de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e), em GWP AR5, do setor MUT no Brasil no período de 1990 a 2016*

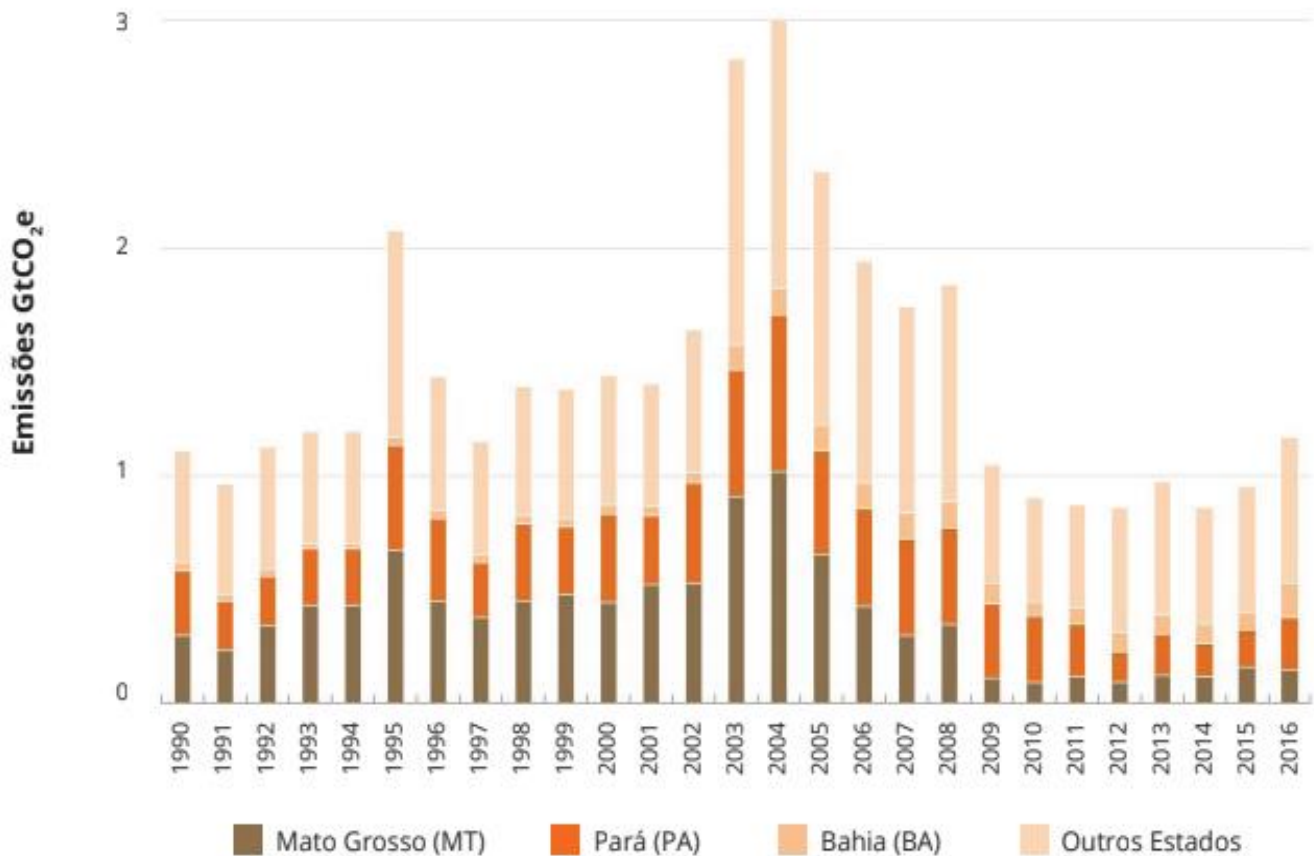


(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Mudança de Uso da Terra.)

No setor MUT as emissões brutas somaram entre 1990 e 2016 cerca de 39 bilhões de tCO<sub>2</sub>e. Em relação às remoções, 4,08 bilhões de tCO<sub>2</sub>e foram oriundas de TIs, 2,83 bilhões de tCO<sub>2</sub>e de UCs e 3,21 bilhões

de tCO<sub>2</sub>e de outros tipos – totalizando 10,12 bilhões de tCO<sub>2</sub>e. As emissões líquidas resultaram em 28,7 bilhões de tCO<sub>2</sub>e para o período. Somente em 2016, cerca de 0,64 bilhão de tCO<sub>2</sub>e líquidas foram emitidas no setor MUT (1,17 bilhão de tCO<sub>2</sub>e brutas). As remoções foram maiores a partir de 2004, quando extensas áreas da Amazônia começaram a ser transformadas em UC e TI. (Brandão Jr, Barreto, Lenti, Shimbo, Alencar, 2018, p.13)

*Contribuição dos estados brasileiros com destaque para os maiores emissores: Mato Grosso (MT), Pará (PA) e Bahia (BA), considerando emissões de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e) do setor MUT para o período de 1990 a 2016*



(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Mudança de Uso da Terra.)

Segundo o SEEG, o alto índice de emissão do Mato Grosso e do Pará, vem de boa parte do desmatamento recente em ambos está associada às atividades

agropecuárias e à especulação fundiária, sobretudo no Pará. Outro fator que influencia essa alta concentração de emissões é a perda da floresta em uma região com alto estoque de biomassa, como é o caso do bioma Amazônia.

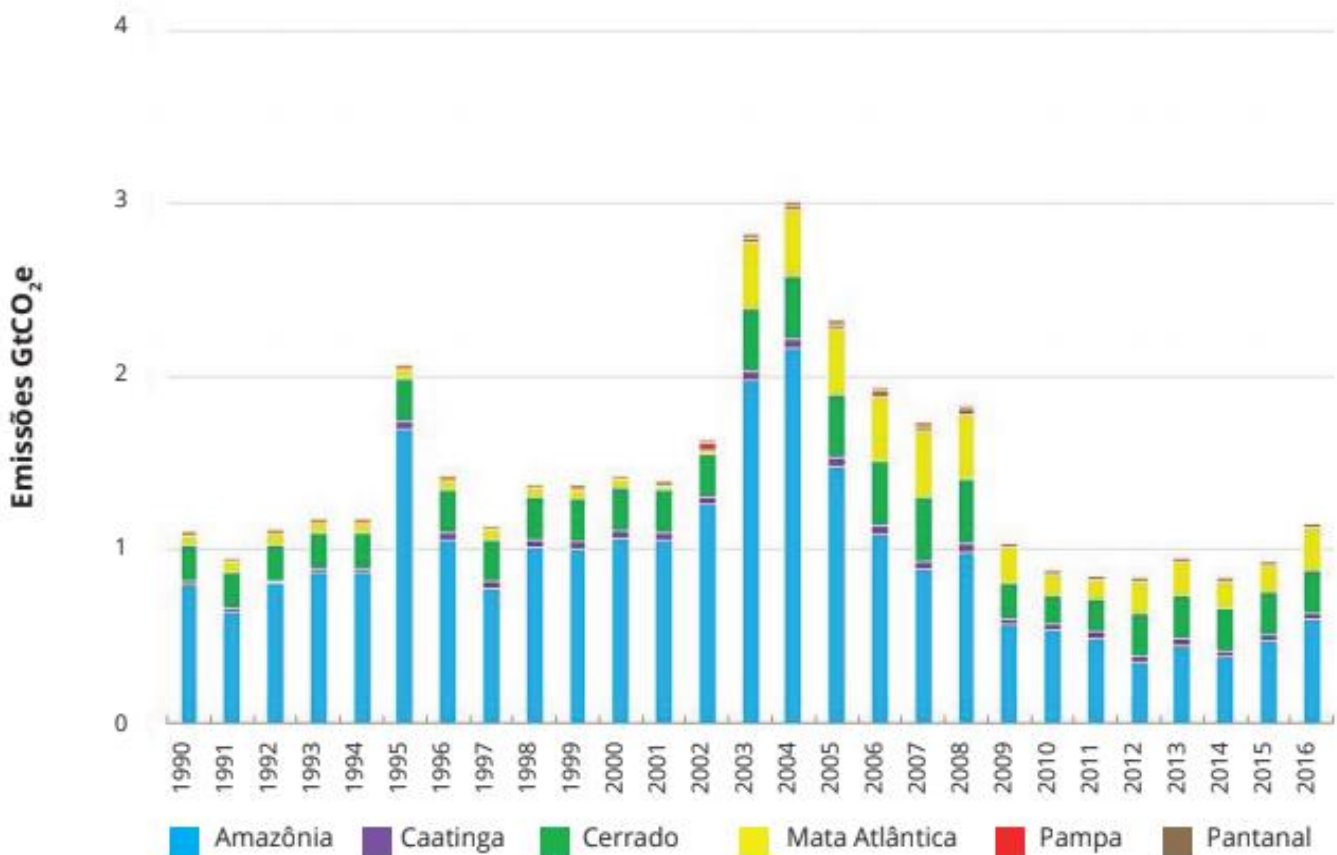
#### **4.1.8 CONTRIBUIÇÃO DOS BIOMAS PARA AS EMISSÕES**

Segundo o SEEG, as emissões históricas de CO<sub>2</sub> pelo setor MUT também se diferenciam por bioma. Os biomas Amazônia e Cerrado concentraram 52% das emissões nacionais entre 1990 e 2016. De 2004 a 2016, as emissões deste setor apresentaram uma tendência global de redução. No entanto, os dados indicam que as emissões de 2016 são as maiores para o setor desde 2008, contrastando com a tendência de estabilização que vinha se desenhando de



2010 a 2015. Isso levanta um ponto de atenção sobre a possibilidade de nova tendência de aumento das emissões.

*Emissões brutas de dióxido de carbono (tCO<sub>2</sub>e) por bioma do setor de Mudança de Uso da Terra para o período 1990-2016 no Brasil*



(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Mudança de Uso da Terra.)

Cerca de 95% das emissões do setor MUT para o ano de 2016 concentraram-se em três biomas: Amazônia (52% do total; 602



milhões de tCO<sub>2</sub>e), Cerrado (21%; 248 milhões de tCO<sub>2</sub>e) e Mata Atlântica (21%; 242 milhões de tCO<sub>2</sub>e). Esses biomas possuem dados anuais de desmatamento, produzidos a partir de interpretação visual comparativa de imagens de satélite (Prodes, SOS Mata Atlântica e PPCerrado). Na Amazônia houve um aumento de 27% das emissões em 2016 em relação a 2015; na Mata Atlântica, esse aumento foi de 58%. Entretanto, a ausência de dados comparáveis para os demais biomas dificulta uma análise detalhada dessa tendência. (Brandão Jr, Barreto, Lenti, Shimbo, Alencar, 2018, p.10, p.11)

#### **4.1.9 AGROPECUÁRIA**

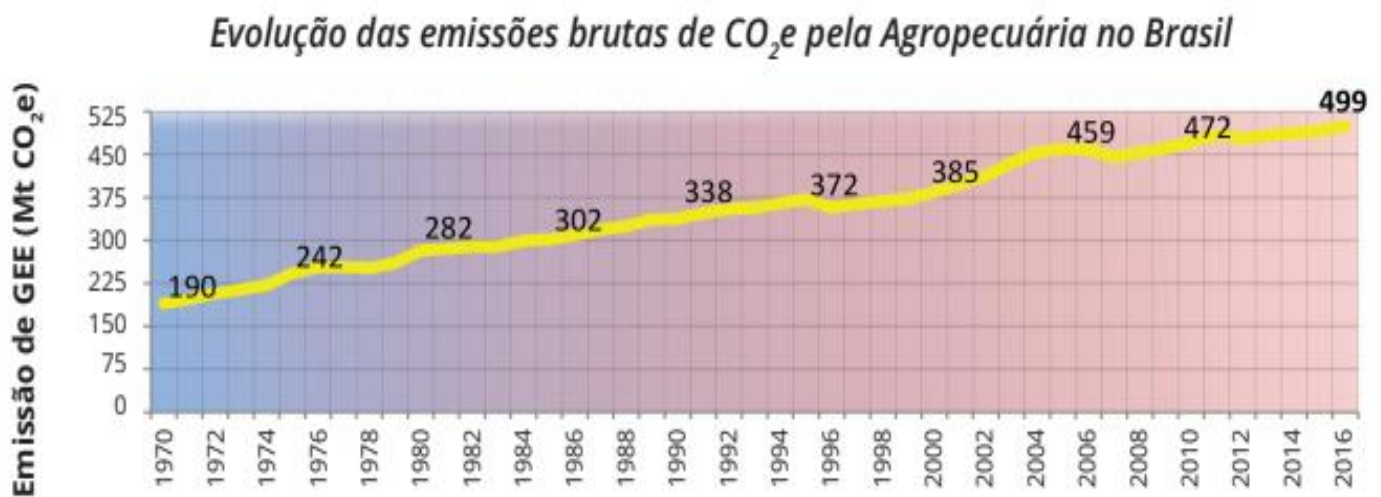
Segundo o SEEG, são as emissões causadas diretamente pela agropecuária se referem à produção animal e vegetal, ao uso de fertilizantes nitrogenados na agricultura, à

disposição de dejetos animais, à decomposição de resíduos culturais e ao cultivo de organossolos.

Segundo as estimativas do SEEG, as emissões de GEE brasileiras vêm crescendo continuamente desde 1970 e totalizaram cerca de 2,277 GtCO<sub>2</sub>e no ano de 2016. A agropecuária foi responsável por aproximadamente 30% das emissões líquidas no Brasil.

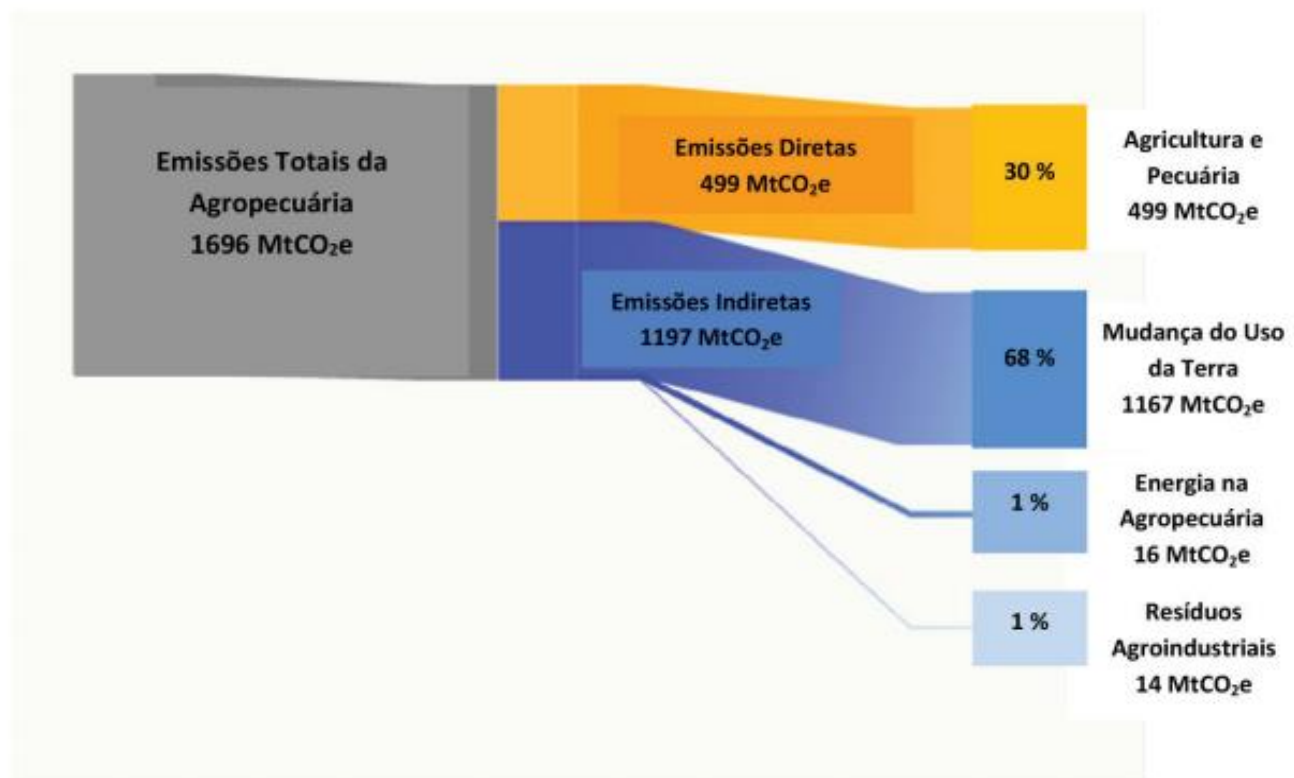
Entretanto, existem emissões que são relacionadas indiretamente com a produção agropecuária e que estão contabilizadas em outros setores devido à metodologia do IPCC, sendo elas: emissões por desmatamento dos ecossistemas naturais para expansão agrícola e pecuária (setor de Mudança do Uso da Terra), emissões provenientes do uso de combustíveis fósseis na agropecuária (setor de Energia) e emissões resultantes do tratamento de

efluentes industriais (setor de Resíduos)  
(SEEG, 2018).



(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Agropecuária.)

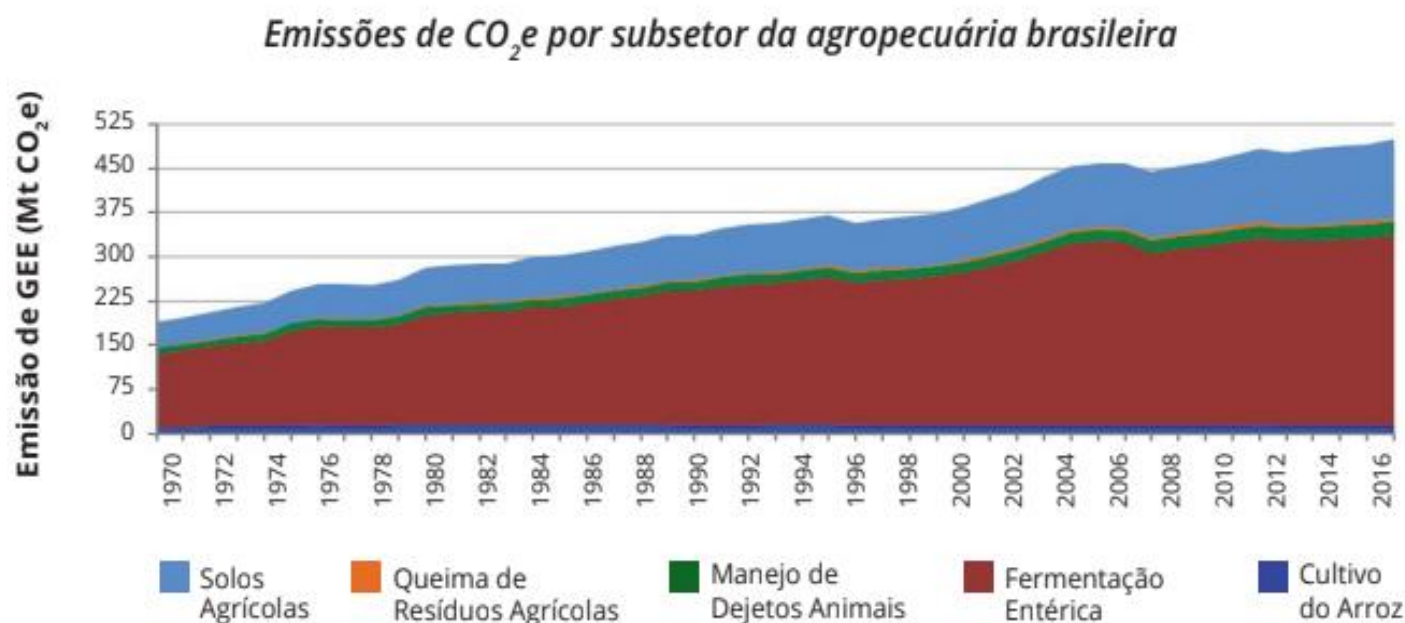
*Emissões diretas e indiretas provenientes da agropecuária  
brasileira em 2016*



Essas emissões indiretas não estão computadas nestes 30%, mas ao serem adicionadas, a agropecuária chega a ser responsável por quase 70% das emissões brasileiras (SEEG, 2018).

Segundo o SEEG, dentre os subsetores da agropecuária, a fermentação entérica do rebanho de ruminantes (predominantemente bovinos de corte) é a causa da maior fatia de emissões de GEE do setor. Em segundo lugar estão as emissões resultantes das atividades em solos agrícolas (que inclui os fertilizantes sintéticos, o adubo de origem animal, os dejetos animais depositados em pastagem, os cultivos de solos orgânicos e os restos de culturas agrícolas). Na sequência vêm as emissões do manejo de dejetos de animais, as emissões provenientes do cultivo de arroz irrigado e da

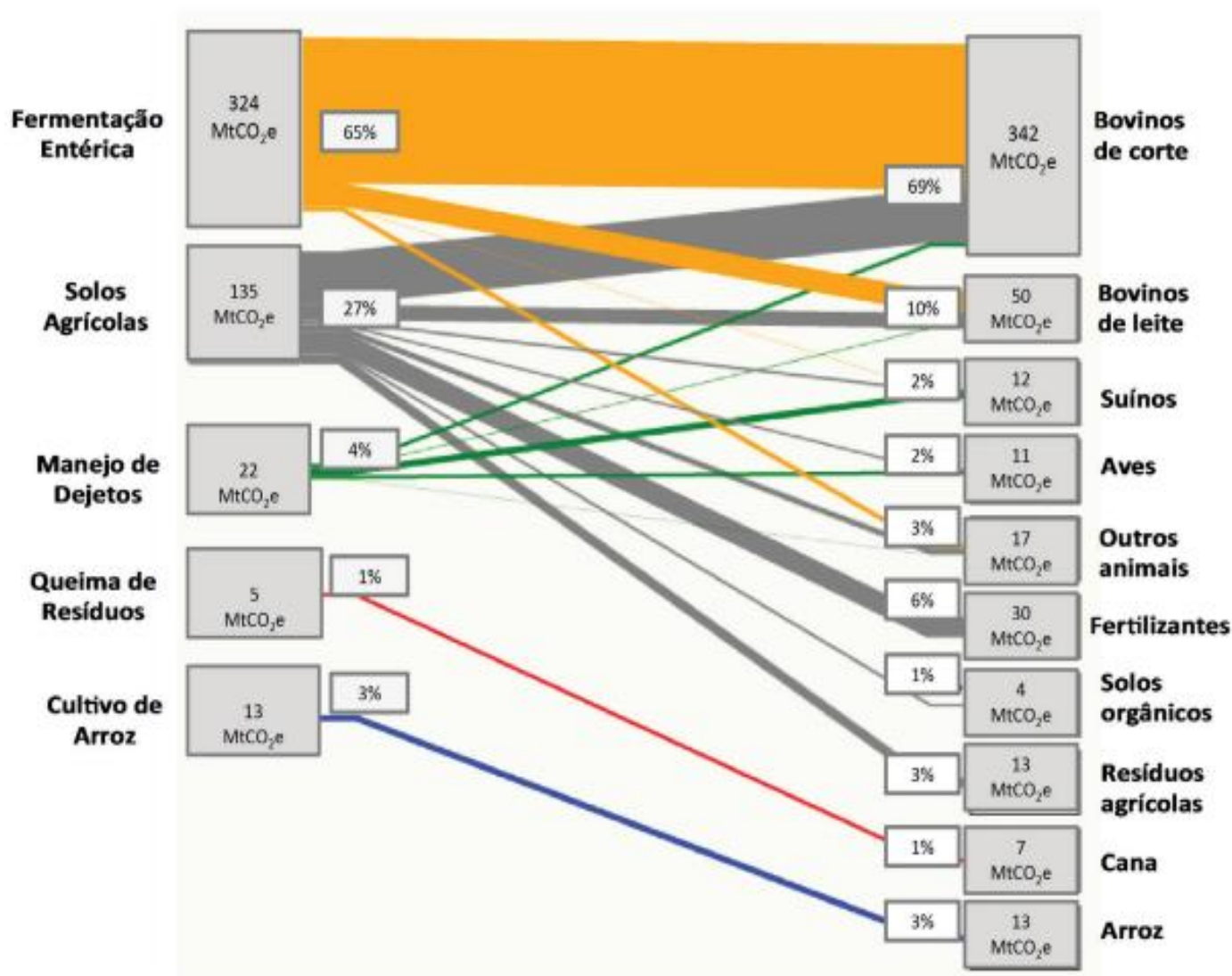
queima de resíduos agrícolas, como a cana-de-açúcar.



(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Agropecuária.)

Se as emissões forem divididas por subsectores da agricultura e pecuária, nota-se que 86% das emissões do setor são provenientes da produção animal; deste valor, 79% são provenientes da bovinocultura de corte e leite, aproximadamente 6% da produção vegetal, 6% da aplicação de fertilizantes nitrogenados e os 7% restantes de outras fontes (SEEG, 2018).

*Emissões da agropecuária brasileira (499 MtCO<sub>2</sub>e) por subsetores e fontes emissoras em 2016*



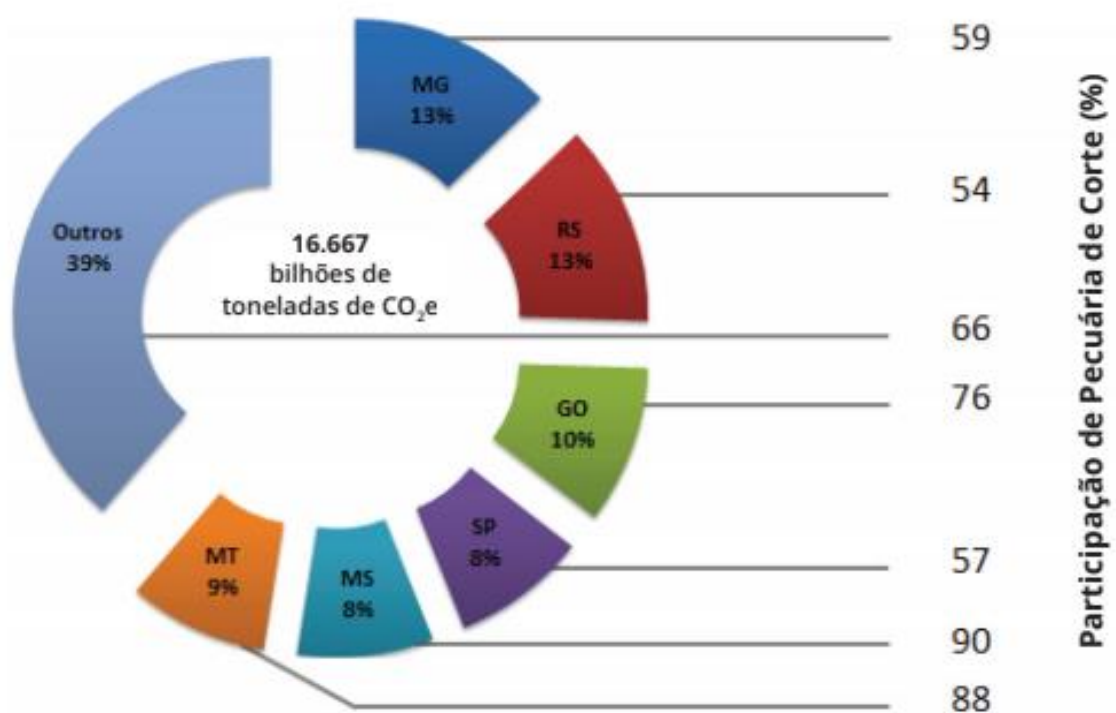
(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Agropecuária.)

Segundo o SEEG, A agropecuária brasileira emitiu entre 1970 e 2016 cerca de 16.677 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>e (emissão acumulada). Somente os Estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Goiás,



São Paulo, Mato Grosso do Sul e Mato Grosso respondem por cerca de 60% destas emissões durante o período. As emissões foram e são predominantemente derivadas da pecuária de corte.

*Emissões históricas estaduais pela agropecuária brasileira (1970-2016)  
e a participação da pecuária de corte*



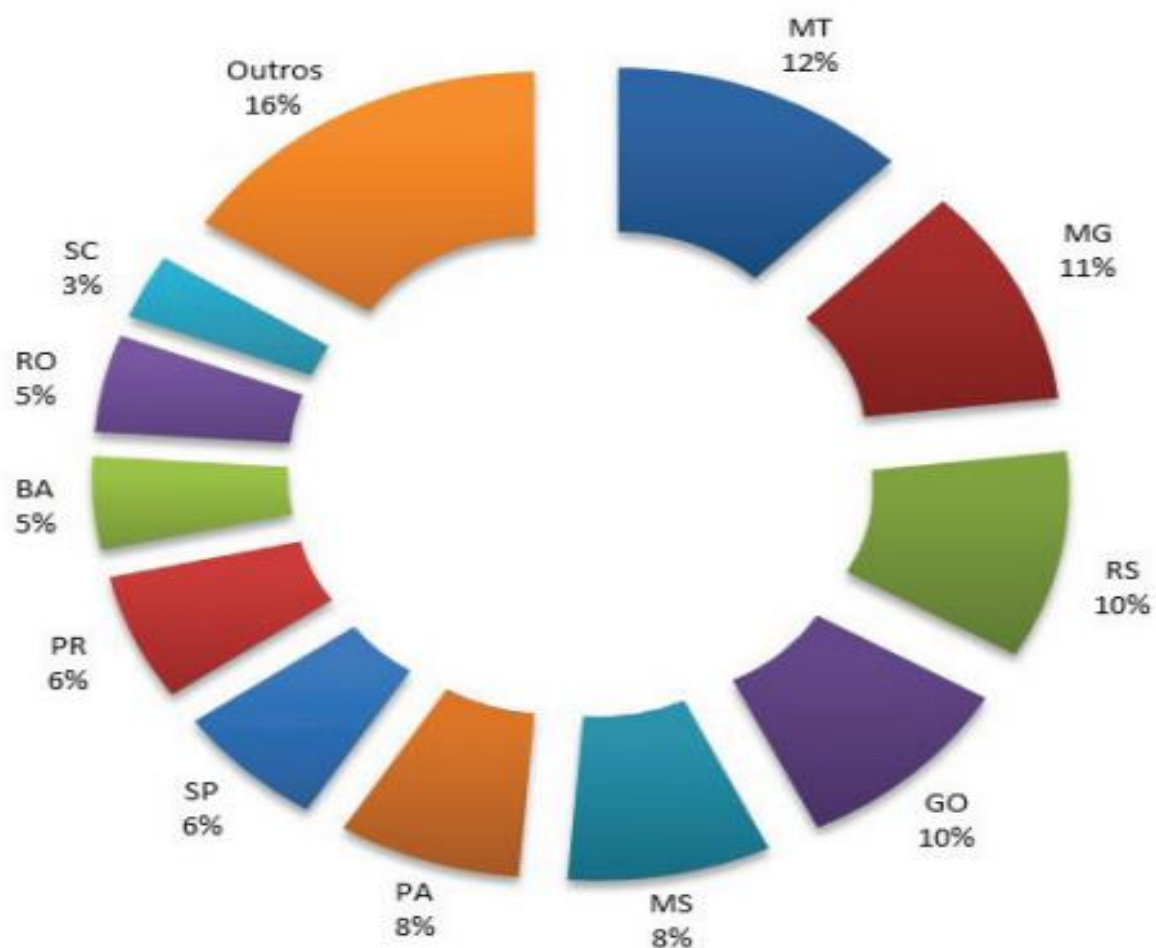
(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Agropecuária.)

Assim, nota-se que a região Sudeste, uma das primeiras regiões agrícolas brasileiras, é o local do país que possui a maior emissão acumulada de gases de efeito

estufa (soma das emissões anuais de 1970 a 2016). Entretanto, é no Centro-Oeste que as emissões desses gases vêm aumentando. Atualmente, o Mato Grosso lidera o ranking nacional devido ao extenso rebanho e produção de grãos, seguido por Minas Gerais, com seu rebanho leiteiro, e pelo Rio Grande do Sul, com o arroz irrigado; segundo e terceiro lugares no ranking, respectivamente (SEEG, 2018).



**Ranking estadual das emissões de GEE pela agropecuária  
brasileira em 2016 (499 MtCO<sub>2</sub>e)**



(Fonte: SEEG, Emissões do Setor de Agropecuária.)

## **5. DESENVOLVIMENTO URBANO E A EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM SÃO PAULO.**

### **5.1 INTRODUÇÃO A HISTÓRIA DA CIDADE DE SÃO PAULO**

A cidade de São Paulo foi criada numa imensa clareira natural (Campos de Piratininga), apenas a 30km do alto da serra, com uma posição estratégica contra possíveis inimigos. Seu clima ameno em comparação ao litoral e terras férteis, tornavam a região própria a agricultura, sua localização de um acesso mais fácil vindo de Santos para o interior, que outros possíveis percursos, e a abundância de recursos hídricos também contribuíram com a escolha de São Paulo como ponto inicial do povoamento e colonização do planalto, tornando São Paulo um ponto de intenso intercâmbio entre o planalto e o litoral.

Em meados do século XVIII, a atividade principal da colônia se torna a extração de ouro nas minas. São Paulo entra em uma longa fase de estagnação de sua colonização e se despovoa, que apenas se encerra no final do século com o esgotamento das minas.

No século XIX a feição agrícola da colônia retorna e a colonização paulista se intensifica com base em dois produtos, o açúcar e o café, a noroeste da capital e nas proximidades da capital, respectivamente. No final do império, o café tende a monopolizar a economia e se constituem novas zonas cafeeiras a oeste de São Paulo, ameaçando a hegemonia econômica da capital paulista dentro do país. Contudo a chegada do sistema ferroviário à capital paulista e a concentração de indústrias, sendo que em 1933 'a indústria da capital possuía 61% do capital total investido na indústria do Estado e a mesma proporção do

número de operários', tornando o vale do Paraíba e regiões externas ao estado, como o triângulo mineiro e o norte do Paraná, se tornam tributárias a São Paulo.

## **5.2 EXPANSÃO DA CIDADE DE SÃO PAULO**

O Tietê e seus dois afluentes da margem esquerda o Tamanduateí e o Pinheiros isolam um pequeno maciço de forma alongada na direção leste e oeste que atingem em alguns pontos 820 m, isto é pouco mais de 100 m acima do nível das baixadas que o limitam. Cercado de várzeas, que o isolam, o maciço paulistano liga-se por sua extremidade leste com as demais elevações deste relevo de colinas. Neste maciço figuram as seguintes vias públicas: Rua Domingos de Moraes, Avenida Paulista, Avenida Dr. Arnaldo, Alto do Sumaré e prolonga-se até o alto da Vila

Pompéia, onde o terreno descamba a procura da confluência do Pinheiros e do Tietê.

A vertente mais importante deste espigão em relação à cidade é a norte, descendo para o Tietê, nela se encontra o setor mais antigo e o núcleo da cidade. Nesta vertente existem dois riachos: o Anhangabaú (afluente do Tamanduateí) e o Pacaembu (afluente do Tietê), que cavaram vales profundos formando uma elevação, onde a cidade se iniciou, devido às suas vantagens estratégicas defensivas, reproduzido por suas três ruas principais: 15 de novembro, São Bento e Direita. Também dividindo a cidade em compartimentos que obrigaram nos seus pontos mais importantes a construção de viadutos: viaduto Santa Efigênia, do Chá, Major Quedinho, Martinho Prado e Maria Paula.

O crescimento da cidade se fez inicialmente, de preferência e quase que exclusivamente no interior do maciço principal da cidade. As planícies que o cercavam, salvo ao longo das estradas que as atravessavam para leste e para norte, ficaram desertas, por conta das várzeas dos rios. Os principais eixos de crescimento da cidade foram:

- ❖ Descendo o Tietê seguindo as elevações formadas pelas várzeas do Tamanduateí (Ruas Brigadeiro Tobias e Florência de Abreu);
- ❖ Para o Tamanduateí, atravessando-o e seguindo para leste, foi margeando a estrada que levava as cidades e povoações do Vale do Paraíba;
- ❖ Em sentido oposto encontra obstáculos da topografia acidentada e envereda pelos espigões acompanhando as estradas que

procuram os altos porque para irem além tem que galgar o espigão mestre que fecha a cidade ao sul. Três são as estradas principais:

- A primeira toma o divisor entre o Tamanduateí e o Anhangabaú (Rua da Liberdade e continua pela rua Vergueiro);
- A segunda começa no fundo do Vale do Anhangabaú no ponto que recebe seu afluente Saracura (Largo da Memória) e procura o divisor deste riachos (Rua São Bento prolongada pela Avenida Brigadeiro Luís Antônio);
- A última segue para o sul em direção às aldeias que se formaram a margem do rio Pinheiros e seus afluentes (Bairros de Pinheiros, Mbói, Itapecerica, Ibirapuera, Santo Amaro). Esta estrada iniciando no

mesmo ponto da estrada anterior (Largo da Memória) alcança por uma ladeira íngreme (Rua Quirino de Andrade) o alto do espigão que separa o Anhangabaú do Pacaembu, seguindo por ele pela Rua da Consolação;

Por volta de 1880, não comportando o centro comercial as residências burguesas e médias, formam-se os primeiros bairros propriamente residenciais que se fixam nas alturas do maciço:

- ❖ Localizam-se, a princípio, contíguos ao centro para o lado do Tietê, bairro de Santa Ifigênia, com suas residências aristocráticas, prolongando-se então pelos Campos Elíseos;
- ❖ Para o outro lado da cidade, em direção aos pontos mais elevados do maciço aparecem inicialmente chácaras que aos poucos vão sendo substituídos



por verdadeiros bairros urbanos compactos. É o caso da Rua da Consolação, Av. Liberdade e Rua Vergueiro e o bairro da Vila Mariana;

- ❖ Em princípios do século XX os bairros residenciais têm decisivo crescimento pelo franco do maciço; Higienópolis se torna o bairro da aristocracia paulista e subindo sempre, as residências alcançam o alto do espigão (Avenida Paulista) onde se instalam as novas fortunas geradas da indústria e do comércio;
- ❖ O povoamento do setor oeste do maciço, da margem esquerda do Vale do Pacaembu, termina a ocupação integral do maciço principal da cidade, deixando os vales abruptos do Anhangabaú e do Pacaembu que recentemente, com a abertura de avenidas que percorrem o fundo dos vales (Nove de Julho,

Pacaembu) começaram a se urbanizar integrando-os na vida do grande centro.

As estradas de ferro, mais recentes, não acompanhando as antigas vias de comunicação em regra situadas nos altos, instalaram-se nas baixadas (terreno mais fácil) o que levou a ocupação dessas planícies. A primeira linha, Paulo Railway (Santos à Jundiaí), ligando o interior mais importante ao porto de Santos atravessa São Paulo beirando o maciço da cidade sem penetrar descreve um arco de círculo começando pela baixada do Tamanduateí, segue depois da confluência deste com o Tietê pela baixada deste, até fora da cidade. Nesta linha inicial entroncam-se a Central do Brasil que acompanha as margens do Tietê, rio acima e a Sorocabana, rio abaixo. Ao longo das ferrovias fixam-se as indústrias e seu acompanhamento necessário que são os

bairros operários, bordando assim com uma auréola as faces sul e leste do maciço paulistano: Ipiranga, Cambuci, Mooca, Brás, Pari, Luz, Bom Retiro, Barra Funda, Água Branca, Lapa.

A várzea do Tamanduateí, mais estreita que a outra, foi urbanizada com a canalização do rio, o que regularizou o escoamento das águas, estancando as cheias periódicas e tornando habitáveis as suas margens. Acompanham-nas hoje parques e avenidas (Independência, Estado, Parque D. Pedro II, Cantareira, em vias de conclusão); e a cidade, estendeu para as elevações do outro lado da baixada, adensando-se aí uma população considerável que em bairros sucessivos leva hoje a cidade até as proximidades do município de São Caetano do Sul.

A urbanização da baixada do Tietê, envolveu a Estrada de Ferro Central do

Brasil, integrou-se a cidade formando os bairros do Brás, Oriente, Belenzinho, prolongando-se até a Penha. Na várzea propriamente, onde o Tietê na época das chuvas a água transborda largamente e se espraia em alguns pontos sobre um a dois quilômetros de largura a ocupação torna-se impossível sem a canalização do rio, por isso a cidade interrompe-se aí para recomeçar nas elevações que beiram a margem direita. A várzea é ocupada também por operários (terrenos de baixo custo) apenas em pequenas faixas que a atravessam perpendicularmente acompanhando as vias de comunicação: Avenida Santa Marina, Estrada do Limão, Avenida Rudge, Rua Voluntários da Pátria, Avenida Guilherme Cotching, Estrada de Ferro da Cantareira, entre outras.

## **5.3 O DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL PAULISTA**

A partir da década de 1930, o fenômeno da urbanização se intensificou no estado de São Paulo e, posteriormente, se acelerou devido às mudanças na estrutura produtiva. Já na década de 1950, a indústria paulista superou sua característica de industrialização restringida e passa para a fase da industrialização pesada (Plano de Metas); onde ocorreu a entrada de grandes multinacionais, em especial, a indústria automobilística como carro-chefe.

É válido ressaltar, que o Estado investiu diretamente no desenvolvimento do setor industrial, com políticas voltadas para infraestrutura (ferrovias, rodovias, portos, aeroportos, sistemas de comunicação, energia), fiscal (concessões de capital e isenções de taxa) e empresas estatais.

Na década de 1960, ocorreu uma desaceleração do crescimento econômico provocado por crises político-econômicas do período anterior. No entanto, a economia paulista volta a crescer em 1973, com o “Milagre Econômico” devido às alterações na estrutura industrial, ocasionada pelo o avanço da modernização tecnológica e da internacionalização da economia brasileira. As exportações da agroindústria (derivados de cítricos, carnes bovina e laticínios, açúcar, algodão, soja, etc.) paulista tiveram um grande peso nas exportações com a abertura do mercado internacional, juntamente, com os automóveis, máquinas, equipamentos e acessórios industriais.

Ademais, com avanço da industrialização se acelerou a integração das economias regionais em torno de São Paulo. A concentração industrial na Grande São Paulo, a partir de 1950, gerou “custos de aglomeração urbana” e os fatores positivos

de localização industrial dessa área metropolitana, tornaram-se negativos, dificultando, assim, a produção de muitos empreendimentos.

Com isso, o governo procurou diminuir as desigualdades inter-regionais e intra-estaduais. A interiorização da atividade industrial no Estado de São Paulo, a partir de 1970, ocorreu pelos investimentos realizados pelo governo federal para a promoção da descentralização, investindo mais em indústrias nas regiões metropolitanas e partes mais afastadas do estado de São Paulo.

É iniciado o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), criado por decreto governamental no Brasil em novembro de 1975 e que contribuiu para impulsionar a produção de bioenergia no país nas últimas quatro décadas (Biomassa, energia hidrelétrica e Etanol), representa uma das

maiores realizações genuinamente brasileiras baseadas em ciência e tecnologia.

Esse marco só foi possível de ser alcançado, entre outras razões, por uma profunda sinergia entre universidades e instituições de pesquisa, empresas e o governo no âmbito do programa.

É a partir da segunda metade da década de 1980, que as políticas públicas para a interiorização da indústria no Estado de São Paulo foram interrompidas devido a crise financeira internacional (choque do petróleo) e nacional (inflação e desemprego). Com isso, ocorreu o esgotamento do processo de descentralização. Atualmente, a dinâmica industrial do território paulista está polarizada, eminentemente, pela região metropolitana de São Paulo, seguida logo depois pela região de Campinas, São José dos Campos e São Carlos.

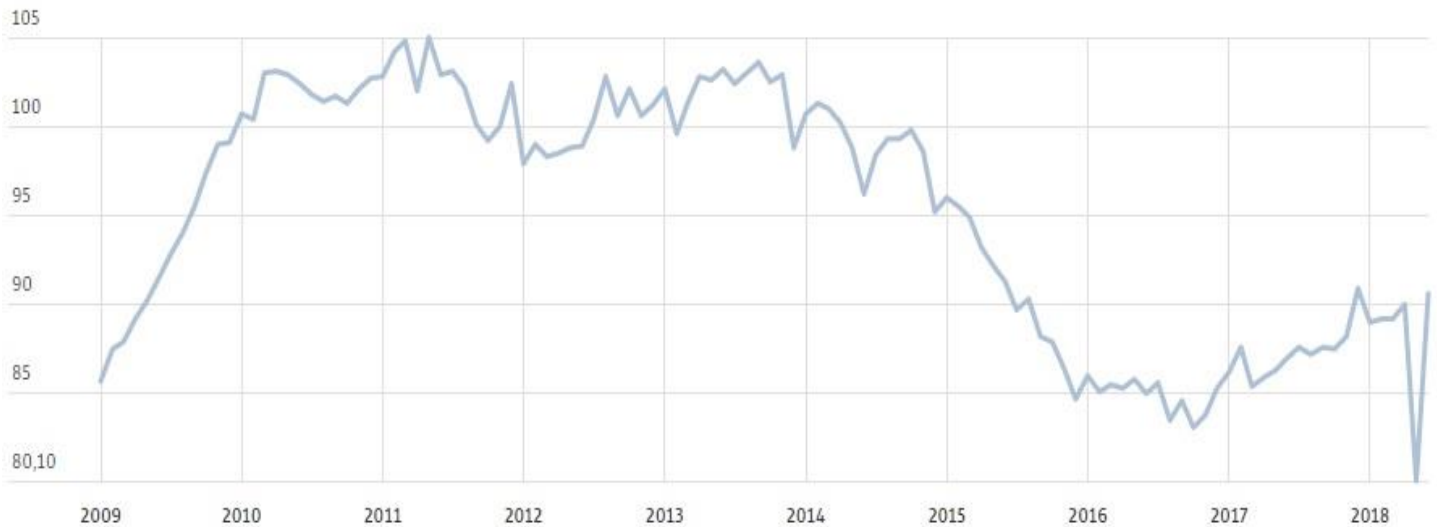


Atualmente o estado de São Paulo passa por um processo de estagnação no índice de atividade industrial, que foi uma tendência nacional após a crise econômica internacional de 2008, tendo um breve aumento na produção até 2014, onde a atividade industrial esfriou até alcançar níveis semelhantes aos de 2009 em meio a crise internacional.

Um dos agravantes importantes de estagnação de produção industrial foi a greve dos caminhoneiros em maio de 2018

## ***Gráfico ilustrando a produção industrial brasileira na última década.***

Apesar de alta em junho, produção industrial está no mesmo patamar de dezembro de 2017, similar ao de meados de 2009



Índice da produção industrial com ajuste

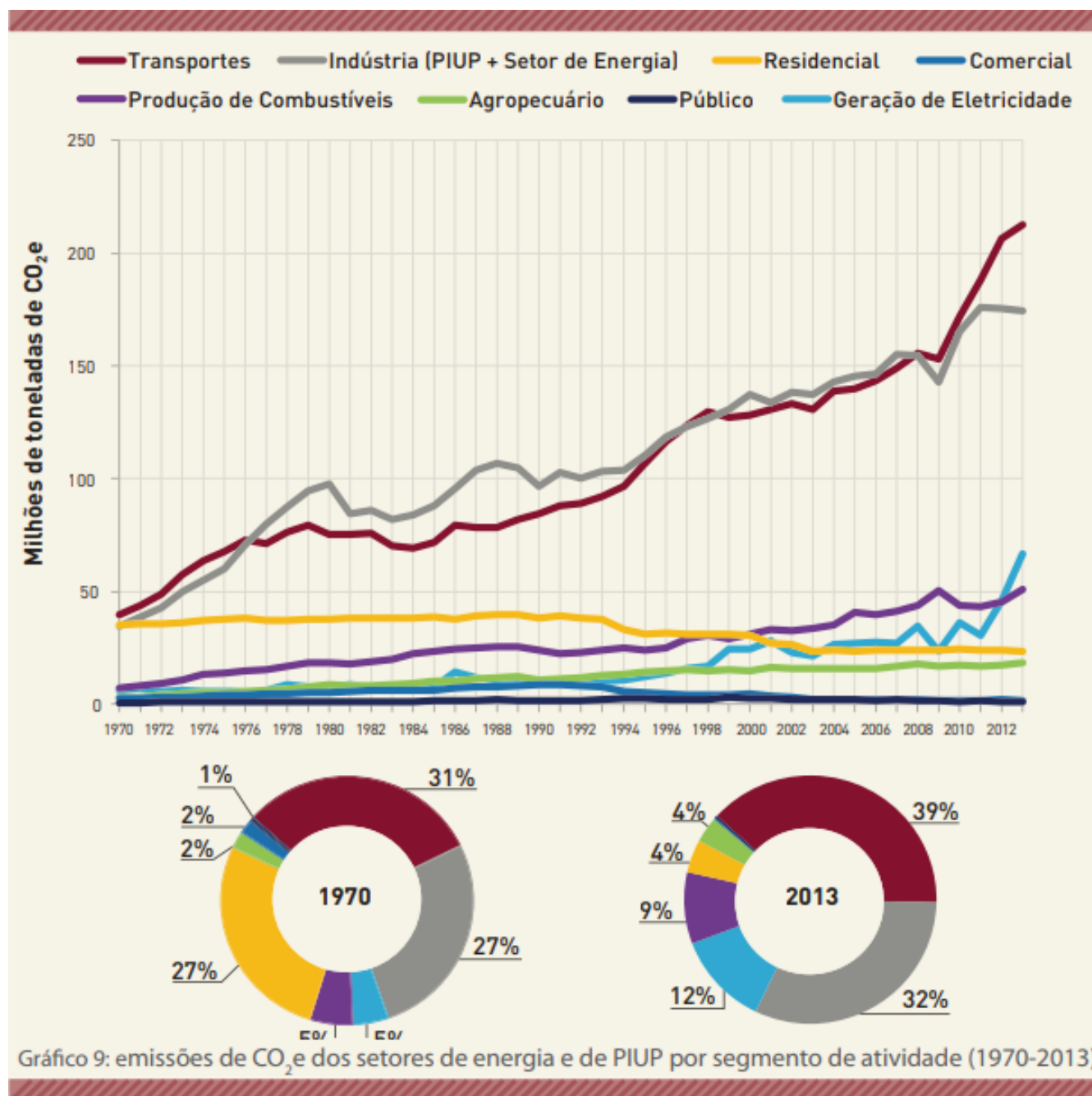
Fonte: IBGE

### **5.3.1 URBANIZAÇÃO E EMISSÕES**

Com a mudança do eixo no poder executivo brasileiro, nos anos 30 com a Revolução Constitucionalista, reduzindo o papel político das oligarquias rurais e consolidando a influência de uma burguesia urbano industrial, define-se o início da demarcação e valorização das terras urbanas.

Com a ditadura militar, o planejamento centralizado correspondia a um desenvolvimento que mantinha a concentração da expansão industrial localizada nos grandes pólos tradicionais (PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO URBANO NO BRASIL Luiza Cheuiche Fendt). Outro planejamento da ditadura militar foi a construção de rodovias, o que impulsionou muitas montadoras de carros. Segundo a volkswage, na década de 60, a história da Volkswagen foi marcada por um crescimento acelerado e por lançamentos como o Karmann-Ghia (1962), a Variant (1969) e o TL (1970). Nos anos 70, nossa Engenharia do Produto mostrou a capacidade de inovação dos profissionais brasileiros e criou os primeiros Volkswagen genuinamente nacionais: a Brasília (1973), o SP1 e o SP2 (1975). Pode notar esse crescimento em outras montadoras, como

por exemplo a Ford, que lançou seu primeiro automóvel pela Ford do Brasil, o Ford Galaxie 500 em abril de 1967.



Como pode-se notar, os setores de transporte e indústrias tiveram um crescimento muito significativo em relação

aos setores analisado, onde que, em 1970, estavam próximos da quantidade de CO<sub>2</sub> emitido ao setor residencial, que reduziu sua emissão, podendo-se relacionar com os incentivos que ocorreram no governo militar.

Em 1973, o mundo passou pela primeira crise do petróleo. O preço do barril do combustível natural subiu significativamente, gerando um efeito arrasador na economia mundial, com impactos que deixaram graves consequências.

Assim como nos outros países, o Brasil também sofreu as consequências da crise do petróleo. Um problema que impediu a continuidade do desenvolvimento econômico. Preocupados com o sucesso brasileiro, os governantes da época lançaram em 14 de novembro de 1975 o Programa Nacional do Álcool, o Proálcool. Criado pelos engenheiros Lamartine Navarro Júnior e Cícero Junqueira Franco e pelo empresário Maurílio Biagi, o programa contava com os

projetos do físico José Walter Bautista Vidal e do engenheiro Urbano Ernesto Stumpf que desenvolveram o motor à álcool. O objetivo era substituir gradativamente a frota de carros movida por combustíveis derivados do petróleo por motores que funcionavam com recursos naturais, caso do álcool.

Outras fontes energéticas também foram desenvolvidas em solo nacional, como por exemplo as hidrelétricas, onde se destaca a construção da usina de Itaipu, que foi construída entre as datas de 1975 e 1982.

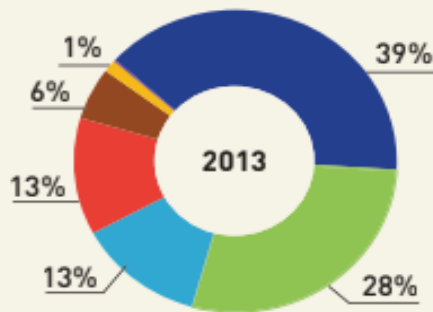
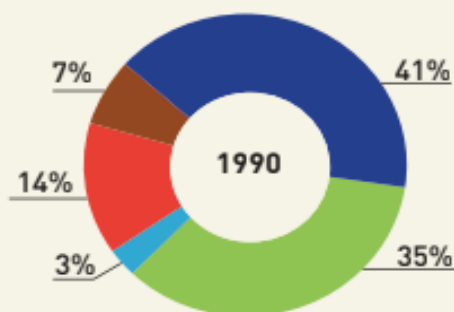
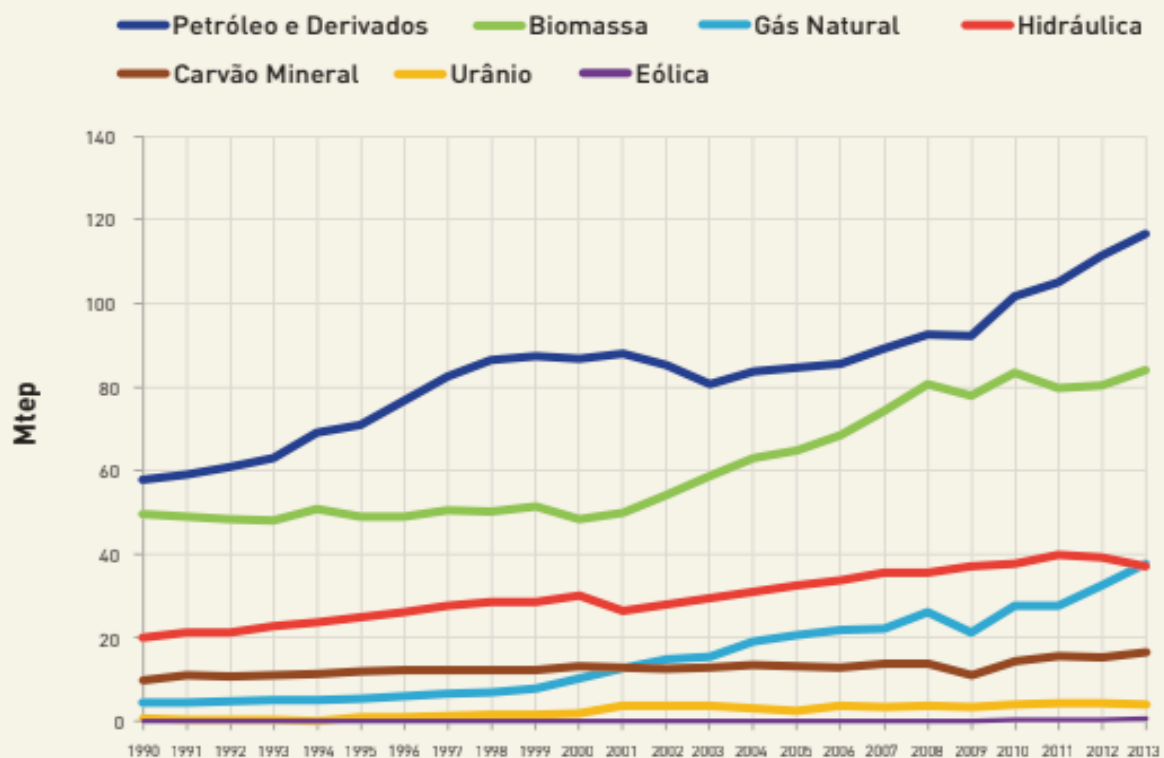


Gráfico 3: consumo de energia no Brasil por fonte primária

Fonte: elaboração própria a partir do BEN 2014, Ano-Base 2013 (MME/EPE)

Como pode notar por este gráfico, mesmo o consumo de combustíveis derivados do petróleo, o consumo de álcool é bastante alto e o de energia obtida através de usinas hidrelétricas era superior que os das outras

fontes (exceto álcool e combustíveis derivados do petróleo).

## **5.4 MOBILIDADE URBANA E O MEIO AMBIENTE EM SÃO PAULO**

Segundo o Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (INEA) de 2014 do Ministério do Meio Ambiente, as emissões de GEE no transporte de passageiros como um todo, e no individual motorizado em particular, têm aumentado significativamente nas últimas décadas, chegando a pouco mais de 100 Mt CO<sub>2</sub>e. Desse total, 60% vêm dos automóveis e 3% das motocicletas, contra 14% dos ônibus urbanos de transporte coletivo.

Só em 2013, o transporte individual motorizado foi responsável por 80,2 MtCO<sub>2</sub>e, o que correspondeu a 18,2% das emissões brasileiras associadas ao uso de energia e quase se igualou às emissões associadas



aos processos industriais, que atingiram 84 MtCO<sub>2</sub>e no mesmo ano. Conforme projeções feitas pelo Plano Setorial de Transportes e da Mobilidade Urbana para a Mitigação e Adaptação da Mudança do Clima (PSTM), elaborado pelo Ministério dos Transportes e Ministério das Cidades em 2013, as emissões de CO<sub>2</sub> associadas ao transporte de passageiros atingirão 150 Mt em 2020, o que representa um crescimento de 65,9% em relação ao ano-base 2010. O PSTM, inclusive, aponta explicitamente o plano de mobilidade como um dos instrumentos de efetivação da redução de emissões do sistema de mobilidade nas grandes cidades.

Além da emissão de GEE, na maioria dos grandes centros urbanos o setor de transportes também se tem revelado como o principal vetor da poluição atmosférica, uma vez que emite vários poluentes de efeito local, que prejudicam a qualidade do ar, como óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), monóxido

de carbono (CO), material particulado (MP), aldeídos, etc. Na RMSP, o relatório de qualidade do ar da CETESB apontava (em 2013) que os veículos são responsáveis por 97% das emissões de monóxido de carbono (CO), 77% de hidrocarbonetos (HC), 80% de óxidos de nitrogênio (NOx), 37% de óxidos de enxofre (SOx) e 40% de material particulado (MP).

A relação entre mobilidade urbana e a redução da emissão de poluentes locais e GEE remete à discussão sobre as atribuições das diferentes esferas de governo, os instrumentos disponíveis para o desempenho de suas funções e os seus impactos tanto na redução de emissões quanto nos padrões de mobilidade urbana. Governos municipais, estaduais e o Governo Federal possuem várias agências, secretarias, empresas públicas e ministérios que atuam sobre diferentes temas que impactam ou são impactados pela mobilidade urbana. A

gestão da qualidade do ar é uma atribuição dos governos estaduais. Suas agências de meio ambiente têm como principais instrumentos de atuação o monitoramento da qualidade do ar e sua relação com os padrões nacionais de concentrações de poluentes, conforme estabelecido nas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) do Ministério do Meio Ambiente. Além da implantação e gestão da rede de monitoramento da qualidade do ar, estas agências podem elaborar os inventários de emissões e Plano de Controle da Poluição Veicular (PCPV).

Os governos municipais por sua vez, são os responsáveis pelo planejamento e gestão do Sistema de Mobilidade Urbana, por meio de secretarias ou empresas públicas, que não atuam diretamente no planejamento do uso do solo urbano, que interfere diretamente na geração das viagens. Em São Paulo, a SVMA é responsável pelo desenvolvimento

de ações complementares na gestão da qualidade do ar e redução de GEEs. No caso da redução de GEEs, as três esferas de governo têm atribuições complementares, conforme estabelece a Lei nº 12.187/2009 e do Decreto nº 7.390/2010, que a regulamentou, e ainda conforme a Lei Municipal nº 14.933/2009 que institui a Política de Mudança do Clima no Município de São Paulo.

A análise conjunta e a ação coordenada entre as diferentes esferas de governo ou mesmo em uma administração local são necessárias para se evitar a proposição de medidas para a redução de emissões de poluentes com uma abordagem restrita, que busca soluções apenas focadas em tecnologia veicular ou na mudança da fonte de energia. Apesar de importantes, estas melhorias muitas vezes desconsideram a abrangência das medidas que podem ser implementadas e dos resultados que podem

ser obtidos por meio da gestão da mobilidade urbana, que levam à melhoria ambiental:

**Conforme pondera relatório da UN-HABITAT25 de 2013 existem três macro estratégias complementares de ação em mobilidade urbana, que levam à melhoria ambiental:**

**1 - Redução da necessidade de viagens motorizadas;**

**2 - Mudança de viagens para os modos de transporte público coletivo e os ativos;**

**3 - Utilização de combustíveis mais limpos e a incorporação de tecnologias de controle de emissões e de melhoria da eficiência energética.**

As estratégias da UN-HABITAT e as abordagens presentes na PNMU e nas diretrizes do PDE 2014 estão materializadas nas propostas do PlanMob/SP 2015. Portanto, a fundamentação do PlanMob/SP 2015 compreende que mobilidade urbana é

resultado de uma política pública e que o Sistema de Mobilidade Urbana deve ser estruturado por meio do transporte coletivo e do transporte ativo, proporcionando o aumento da mobilidade e a melhoria da acessibilidade das pessoas. Ao mesmo tempo, promovem a redução do consumo de energia e das emissões atmosféricas, principalmente por meio da mudança modal de parcela considerável de viagens do transporte individual para o transporte coletivo.

Através da inclusão do componente ambiental nas políticas setoriais de desenvolvimento, como é o caso do PlanMob/SP 2015, consolida-se um importante meio para a obtenção das melhorias ambientais desejáveis. A implementação de um conjunto de projetos em mobilidade urbana coerentes com as metas ambientais contribui para que São

Paulo fique mais bem alinhada com os preceitos do desenvolvimento sustentável.

## **5.5 A MOBILIDADE URBANA NO PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO DE SÃO PAULO (2014)**

### **5.5.1 LEI ORGÂNICA**

A Lei Orgânica da cidade de São Paulo reconhece que o sistema viário e de transporte público compõem alguns dos elementos essenciais à dinâmica do município, principalmente no que toca à garantia do pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade. Daí que a política urbana municipal como um todo, incluindo a mobilidade urbana, deve ser desenvolvida de modo a viabilizar o acesso de todos os seus cidadãos às condições adequadas de transporte público e infraestrutura viária, e também o uso socialmente justo e

ecologicamente equilibrado de seu território, além da preservação, a proteção e a recuperação do meio ambiente. Para cumprir este objetivo, a Lei Orgânica incumbe ao plano diretor da cidade a tarefa de planejar e estruturar o sistema municipal de transportes, exigindo, dentre outros requisitos, que, ao assim dispor, o PDE dê prioridade à circulação do pedestre e ao transporte coletivo.

### **5.5.2 PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO**

O Plano Diretor Estratégico de São Paulo (PDE 2014) traz uma mudança fundamental no desenvolvimento urbano, ao estabelecer em sua estratégia o desenvolvimento de Eixos de Estruturação da Transformação Urbana a partir da infraestrutura de transporte coletivo de média e alta capacidade. Ao longo destes eixos será concentrado o processo de adensamento



demográfico e urbano e promovida a qualificação do espaço público, para garantir um desenvolvimento urbano sustentável e equilibrado entre as várias visões existentes no município.

São consideradas áreas de estruturação urbana aquelas que estão em um raio de até 600m das estações e terminais de transporte público de alta capacidade e até 300m de cada lado do eixo de transporte de média capacidade. Nestas áreas está previsto o adensamento populacional e a possibilidade de construção de até quatro vezes a área do terreno. Outra importante alteração é o estabelecimento de limite máximo de vagas de estacionamento como área não computável das edificações, possibilitando a cobrança de outorga onerosa para a disponibilização de um maior número de vagas para automóveis (artigo 80). Como principais resultados esperados, destacam-

se a redução de viagens pendulares centro-bairro, a redução da intensidade do uso do automóvel e maior utilização do sistema de transporte coletivo, o reequilíbrio das atividades urbanas e a redistribuição dos empregos, com uma oferta maior fora do Centro Expandido. Atualmente esta região possui 20,7% dos moradores e 68,6% dos empregos, a região Norte possui 19,8% dos moradores e 10,8% dos empregos, a região Sul possui 26,7% dos moradores e 10,7% dos empregos e a região Leste possui 32,6% dos moradores da cidade e 9,8% dos empregos.

Esta estratégia é reconhecida internacionalmente como fundamental para localizar a população em áreas próximas da oferta de serviços urbanos, locais de trabalho, estudo e lazer, evitando-se a necessidade de viagens motorizadas ou possibilitando que sejam realizadas por meio do transporte público.

Dentre os objetivos urbanísticos e estratégicos a serem cumpridos pelos Eixos de Estruturação da Transformação Urbana, destaca-se o desestímulo ao uso do transporte individual motorizado, articulando o transporte coletivo com modos não motorizados de transporte.

## **5.6 RECONHECIMENTO DA MOBILIDADE URBANA COMO RESULTADO DE UMA POLÍTICA PÚBLICA.**

A mobilidade urbana de São Paulo é resultado de sua história, de uma visão de cidade que, em grande medida, teve como objetivo principal recepcionar e promover as melhores condições possíveis de circulação do automóvel. O processo de urbanização desordenado, a despeito dos diversos planos de transporte e circulação já delineados, potencializou os efeitos negativos da opção pelo transporte individual motorizado. Esses

efeitos se manifestam no aumento do tempo e do custo de deslocamentos, além do aumento de seus impactos ambientais.

Na elaboração do PlanMob/SP 2015, a configuração do Sistema de Mobilidade Urbana, com sua infraestrutura e participação dos diferentes modos de transporte no conjunto de deslocamentos da população, é considerado resultado de uma política pública.

Desse modo, o PlanMob/SP 2015 procura incidir sobre os fatores que influenciam a escolha modal por parte das pessoas, alterando-os para possibilitar a mudança de viagens do transporte individual para o transporte coletivo ou ativo, condição necessária para a transformação do modelo tradicional de mobilidade urbana de São Paulo.

A escolha das medidas que serão implementadas no Sistema de Mobilidade Urbana considera dois fundamentos teóricos

desenvolvidos externamente, mas também já colocados em prática no país: o Desenvolvimento Orientado pelo Transporte (TOD), expresso no PDE 2014 e utilizado na base dos estudos para a introdução dos Eixos de Estruturação da Transformação Urbana, um dos principais instrumentos do PDE; e o Gerenciamento da Demanda (TDM) que adota a abordagem do gerenciamento indireto da demanda por transporte, utilizando mecanismos de controle interno e externos, como forma de reduzir os deslocamentos da população em longo prazo.

Os exemplos internacionais de aplicação do TDM apontam para a necessidade da implementação de medidas que contemplem a qualificação, o incentivo e priorização do transporte coletivo e ativo juntamente com medidas que desestimulem o uso frequente/cotidiano de meios de transporte individual motorizado, como forma de

promover a mudança modal de uma parcela considerável de viagens do transporte individual para o transporte coletivo ou para a bicicleta. As ações que se sustentam nesse duplo imperativo – **atração e desestímulo** – partem da constatação de que apenas a priorização e melhoria do transporte público coletivo e ativo não são suficientes para promover uma efetiva mudança modal. Isto se deve ao fato de que a escolha do modo de transporte é sempre de natureza individual, influenciada, sobretudo pela renda das famílias, mas também pelas ações da administração pública. As aplicações do TOD também se mostram bastante efetivas no sentido de produção de um espaço urbano mais compacto e econômico, onde a aproximação das ofertas de emprego e moradia com a infraestrutura de transporte ocorre pela adoção de incentivos fiscais e instrumentos de controle do uso e ocupação do solo. Desta forma o TOD pode ser

empregado estrategicamente como mecanismo de gerenciamento da demanda futura, desde que acompanhado de instrumentos que garantam o incentivo à promoção da habitação para a baixa renda.

**O PlanMob/SP 2015 adota a estratégia de aumento da oferta de transporte público coletivo para proporcionar melhor atendimento aos usuários, atender ao provável crescimento da demanda e possibilitar a inclusão de novos usuários, resultado das medidas de estímulo à mudança modal do transporte individual para o transporte coletivo, estratégia fundamental para a cidade de São Paulo. O aumento e a qualificação da oferta serão obtidos por meio da combinação de:**

- Implantação de corredores de ônibus
- Implantação de faixas exclusivas à direita para ônibus;

- Ampliação do número de terminais de transferência e locais de conexão;
- Aumento da velocidade operacional nos principais eixos de transporte coletivo;
- Revisão da rede de linhas de ônibus existente (2015);
- Qualificação e otimização da frota utilizada no município.

O sistema viário de São Paulo tem aproximadamente 17.000 km de vias. A atual rede de transporte coletivo por ônibus utiliza somente 4.500 km dessas vias. Deste total, cerca de 1.460 km são estruturadores dos serviços e são considerados pelo PlanMob/SP 2015 como Viário Estrutural de Interesse dos Ônibus – VEIO. Neste sistema viário estruturador serão implementados corredores ou faixas exclusivas, bem como a melhoria da infraestrutura de apoio, tornando o uso do sistema viário mais equânime e eficiente para o transporte público coletivo.



A rede de linhas atual (2015) do transporte coletivo municipal está em reestruturação, bem como a definição da frota de ônibus adequada aos novos serviços ofertados. O controle sobre a operação das empresas prestadoras de serviço será aprimorado, por meio da alteração da forma de contratação – uma nova licitação do serviço de ônibus de São Paulo, cujo estudo prevê a possibilidade de formação de uma Sociedade de Propósito Específico (SPE) para operação de segmentos da nova rede de linhas – e por meio de novos procedimentos, uso de equipamentos eletrônicos embarcados e Centro de Controle Operacional (CCO), no programa denominado **Operação Controlada**.

Outro elemento fundamental para aumentar a atratividade do transporte coletivo é a **Política Tarifária** temporal dos serviços. São Paulo é uma das poucas

idades brasileiras que possuem integração tarifária e subsídio no sistema de transporte coletivo por ônibus. Com uma tarifa básica, o usuário pode realizar até quatro transbordos em um período de três horas. O usuário conta ainda com modalidades específicas de bilhetes de acesso ao serviço, tais como o Bilhete Único diário, semanal e mensal.

## 6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Brasil). Portaria nº 570, do Diretor Presidente, de 3 de outubro de 2002. Orientação Técnica Elaborada Por Grupo técnico Assessor Sobre Padrões Referenciais de Qualidade Do Ar Interior Em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo [portaria na internet]. Diário Oficial da União 20 jan 2001 [Acesso em 10 jun de 2001]. Disponível em:

[http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RE\\_09\\_2003.pdf/f4af80d4-8516-4f9c-a745-cc8b4dc15727](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RE_09_2003.pdf/f4af80d4-8516-4f9c-a745-cc8b4dc15727)

- Albuquerque, I. R., Coluna, I. M. E.. Emissões do setor de resíduos. [S.I]: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG); 2018.

- Álvares Júnior, O. M., Linke, R. R. A.. *“METODOLOGIA SIMPLIFICADA DE CÁLCULO DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA DE FROTAS DE VEÍCULOS NO BRASIL”*. [S.I]: Sinal de Transito; [20--?].

- Brandão Junior, A., Barreto, P., Lenti, F., Shimbo, J., Alencar, A.. Emissões do setor de mudança de uso da terra. [S.I]: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG); 2018.

- Cabral, L.. *“Gases de efeito estufa: o que são e sua influência no aquecimento global”*. Ecycle. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/6037-gases-de-efeito-estufa/>>. Acesso em 27 de maio de 2019, as 15 horas e 34 minutos.

- CETESB. *Plano de controle de poluição veicular 2017 - 2019*. [São Paulo]: Governo do Estado de São Paulo; 2017.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) [<https://cetesb.sp.gov.br/>]. Qualidade do Ar [Acesso em 10 jun 2019].

Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>

- Ferreira, A. L., Tsai, D. S., Silva, F. B., Cremer, M. S., Soares, M. Y.. Emissões dos setores de energia, processos industriais e uso de produtos. [S.l.]: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG); 2018.

<http://repositorio.unb.br/handle/10482/13329>

(Acessado em 22/01/2019 às 15h47)

[http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Atmosfera-Terrestre-2567.html?from\\_info\\_index=11](http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Atmosfera-Terrestre-2567.html?from_info_index=11)

(Acessado em 15/01/2019 às 15h37)

[http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/16a-](http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/16a-Ilhas_de_calor_em_centros_urbanos.pdf)

[Ilhas\\_de\\_calor\\_em\\_centros\\_urbanos.pdf](http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/16a-Ilhas_de_calor_em_centros_urbanos.pdf) (Acessado em 18/03/2019 às 15h54)

[http://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c\\_deak/AUP823/6t-alun/2004/santos/index.html](http://www.fau.usp.br/docentes/deprojeto/c_deak/AUP823/6t-alun/2004/santos/index.html) (Acessado em 11/02/2019 às 16h18)

<http://www.karlacunha.com.br/sao-paulo-uma-ilha-de-calor/>  
(imagem)

[http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/a\\_cidade\\_de\\_sao\\_paulo\\_geografia\\_e\\_historia.pdf](http://www.sinaldetransito.com.br/artigos/a_cidade_de_sao_paulo_geografia_e_historia.pdf)

(Acessado em 08/04/19 às 17h16)

<https://cetesb.sp.gov.br/normas-tecnicas-cetesb/normas-tecnicas-vigentes/> (Acessado em 30/10/18 às 15h34)

<https://guiadoestudante.abril.com.br/estudo/obras-de-infraestrutura-do-brasil-na-ditadura/>  
(Acessado em 16/10/2018 às 15h46)

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Ford\\_do\\_Brasil](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ford_do_Brasil)  
(Acessado em 16/10/2018 às 15h53)

<https://www.infoescola.com/geografia/itaipu-binacional/> (Acessado em 16/10/2018 às 15h28)

<https://www.vw.com.br/pt/volkswagen/volkswagen-do-brasil.html>  
(Acessado em 16/10/2018 às 15h22)

<https://www5.usp.br/10115/pt-labaut-microclimas-urbanos-e-o-conforto-ambiental-nas-cidades/>  
(Acessado em 11/02/2019 às 17h04)

LBN Análises [<https://www.lbnanalises.com.br>]. Padrões de Qualidade do Ar Climatizado e a RE 09 Anvisa [Acesso em 10 jun 2019].

Disponível em: <https://www.lbnanalises.com.br/blog/padroes-de-qualidade-do-ar/>

- Observatório do Clima. Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris. [S.l.]: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG); 2018.

- Piatto, M., Costa Junior, C., Pinto, L. F. G., Medeiros, M., Silveira, N. V. B.. Emissões do setor de agropecuária. [S.l.]: Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG); 2018.

Relatório de Qualidade do ar no estado de São Paulo 2017 [recurso eletrônico] / CETESB ; Coordenação geral Maria Lúcia Gonçalves Guardani ; Coordenação técnica Clarice Aico Muramoto ; Equipe técnica Clarice Aico Muramoto ... [et al.] ; Mapas Thiago De Russi Colella. - - São Paulo : CETESB, 2018. ISSN: 0103-4103

Silva M.M.M, Silva LXD, Silva MA, Duarte TG, Oliveira ACA. Efeitos do Dióxido de Carbono na Saúde e no Meio Ambiente. [Monografia na Internet] Faculdade Alfredo Nasser. [acesso em 10 jun 2019] Disponível em:

[http://www.faculdadealfredonasser.edu.br/files/Pesquisar\\_5/21-11-2016-21.34.56.pdf](http://www.faculdadealfredonasser.edu.br/files/Pesquisar_5/21-11-2016-21.34.56.pdf)