



Fundação de Apoio à
Universidade de São Paulo



Secretaria de  **SÃO PAULO**
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística GOVERNO DO ESTADO

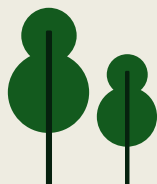
WORKSHOP 4 PLANO ESTADUAL DE ENERGIA 2050

Race to Zero | Race to Resilience

**Resultados Finais e Road Map do
PEE 2050 RtZ**



05 de Outubro de 2023





Fundação de Apoio à
Universidade de São Paulo



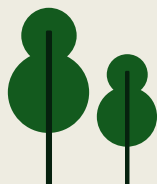
Secretaria de  **SÃO PAULO**
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística GOVERNO DO ESTADO

WORKSHOP 4 PLANO ESTADUAL DE ENERGIA 2050

Race to Zero | Race to Resilience

Balanço de Emissões ESP

Munir Y. Soares
Fabio A. Diuana
Taísa N. Morais
Luiz Bernardo Baptista



05 de Outubro de 2023

AGENDA

1. CONTEXTO

2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

AGENDA

1. CONTEXTO

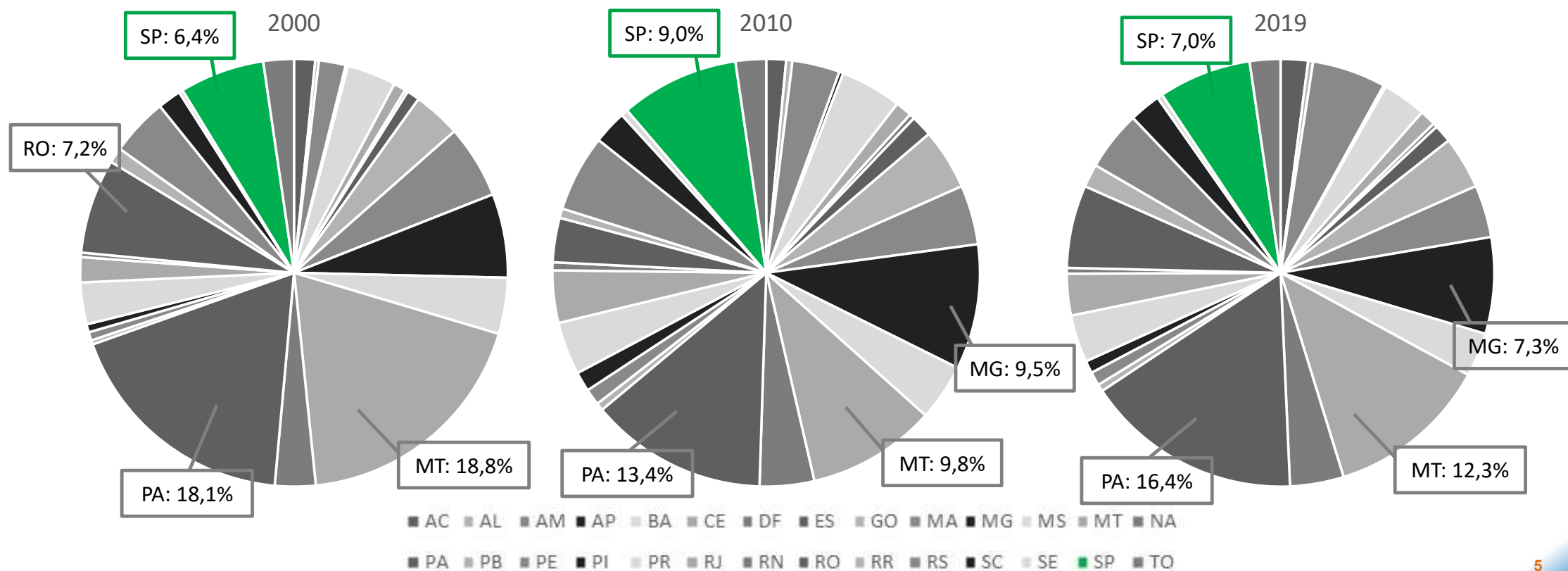
2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

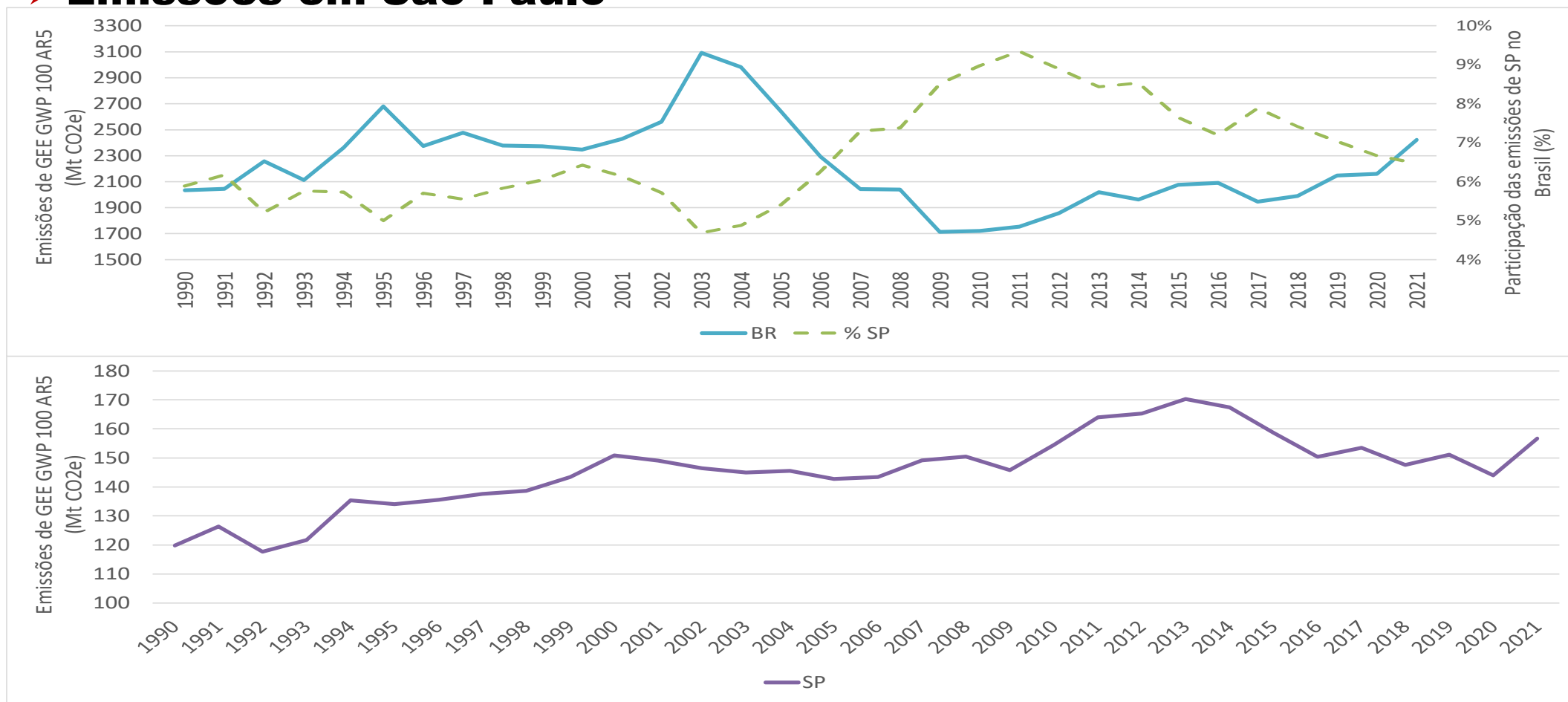
CONTEXTO

➤ Evolução da distribuição das emissões de GEE no Brasil



CONTEXTO

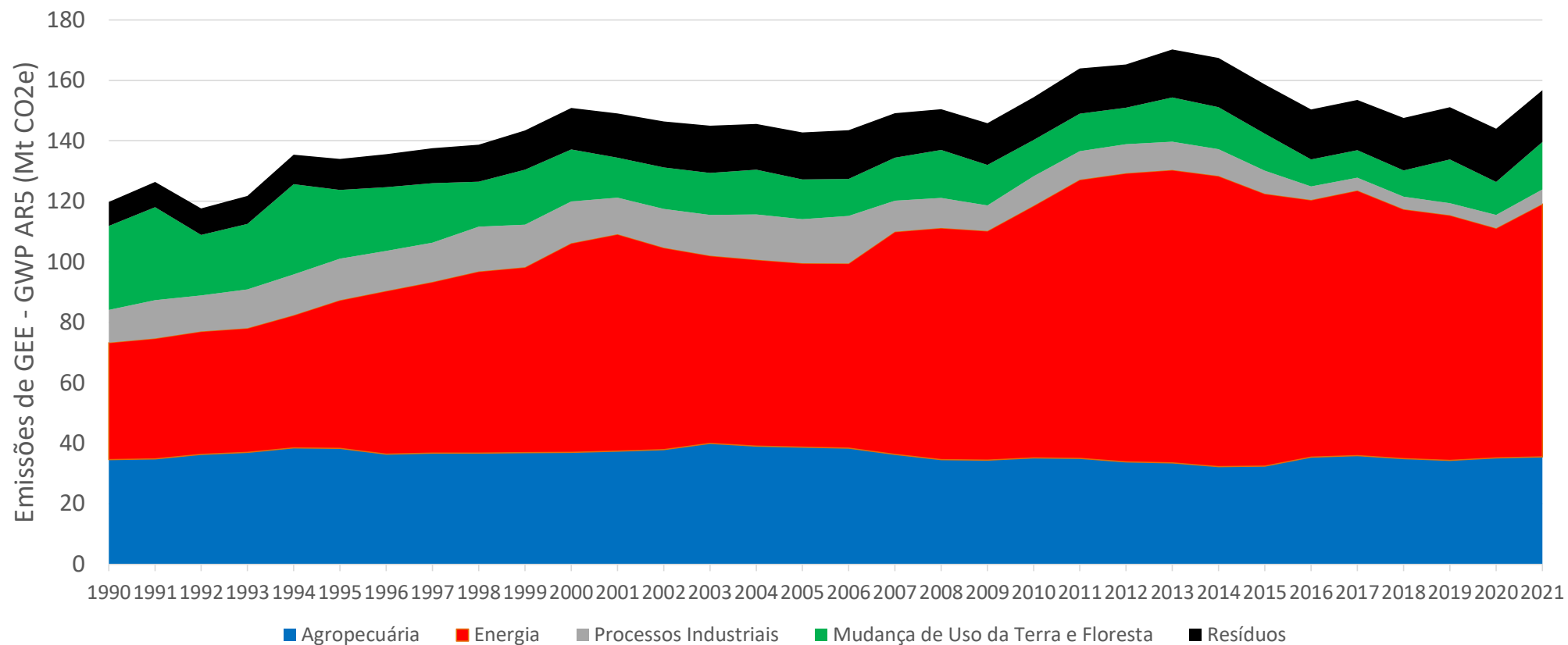
➤ Emissões em São Paulo



CONTEXTO

➤ Emissões em São Paulo

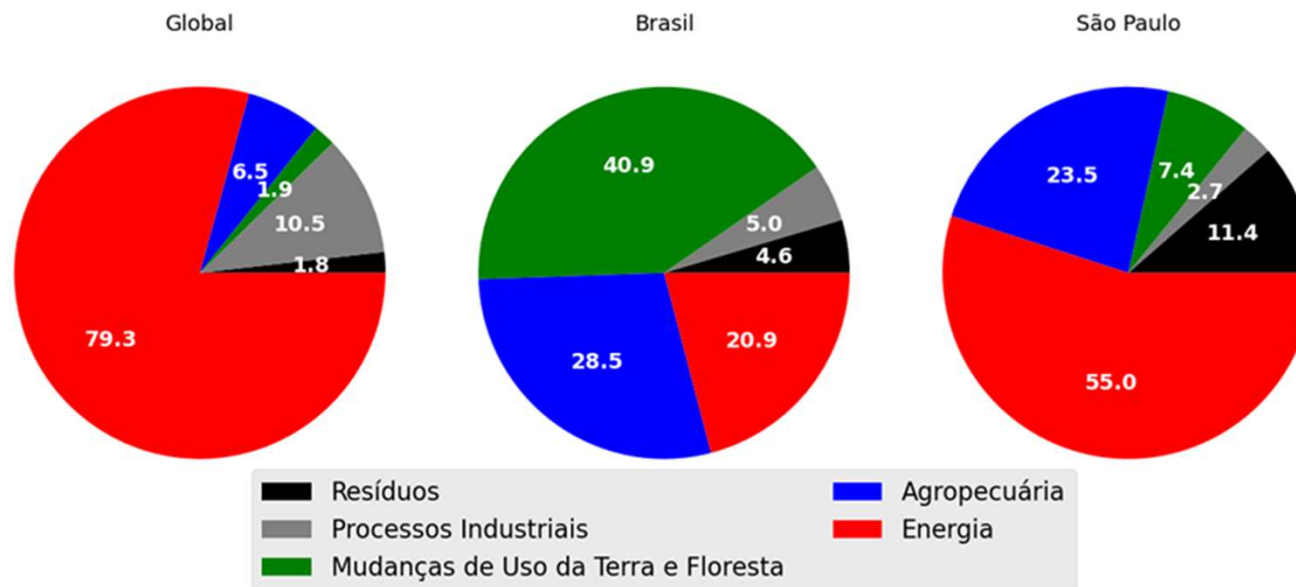
Emissões por setor no Estado de São Paulo



CONTEXTO

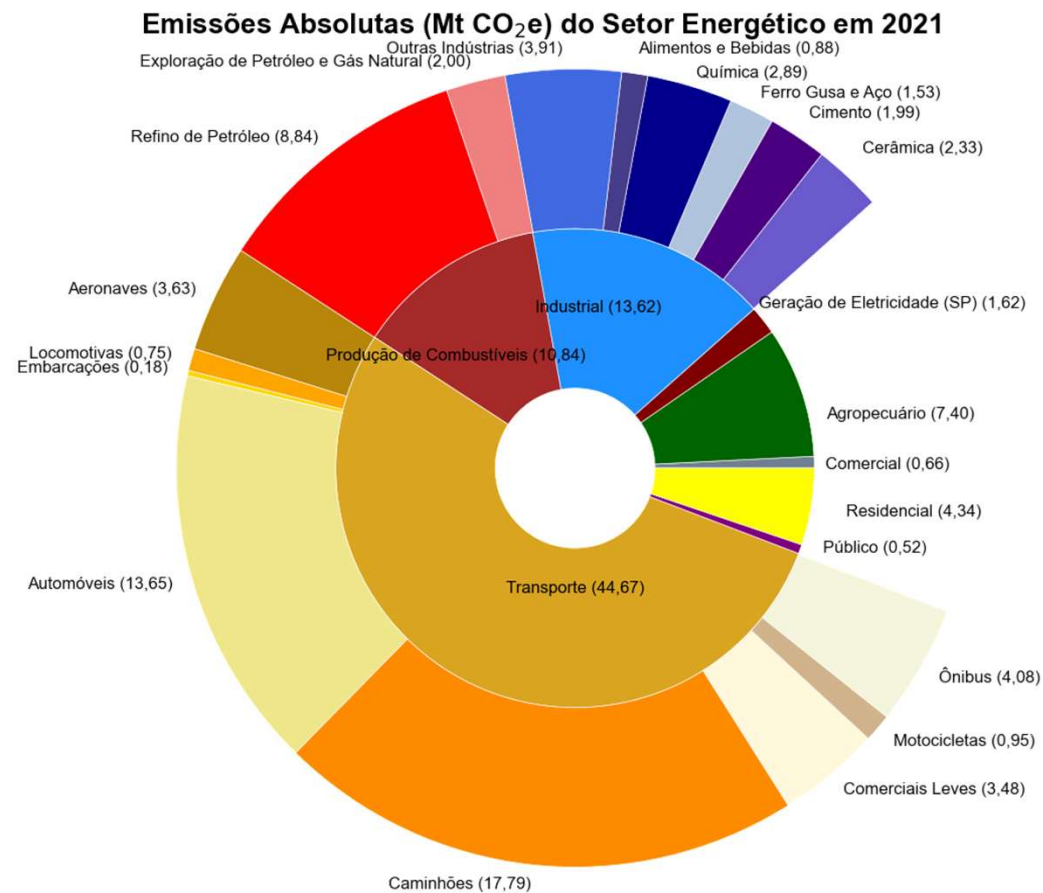
➤ Emissões em São Paulo

Emissões Percentuais por Setor em 2019



CONTEXTO

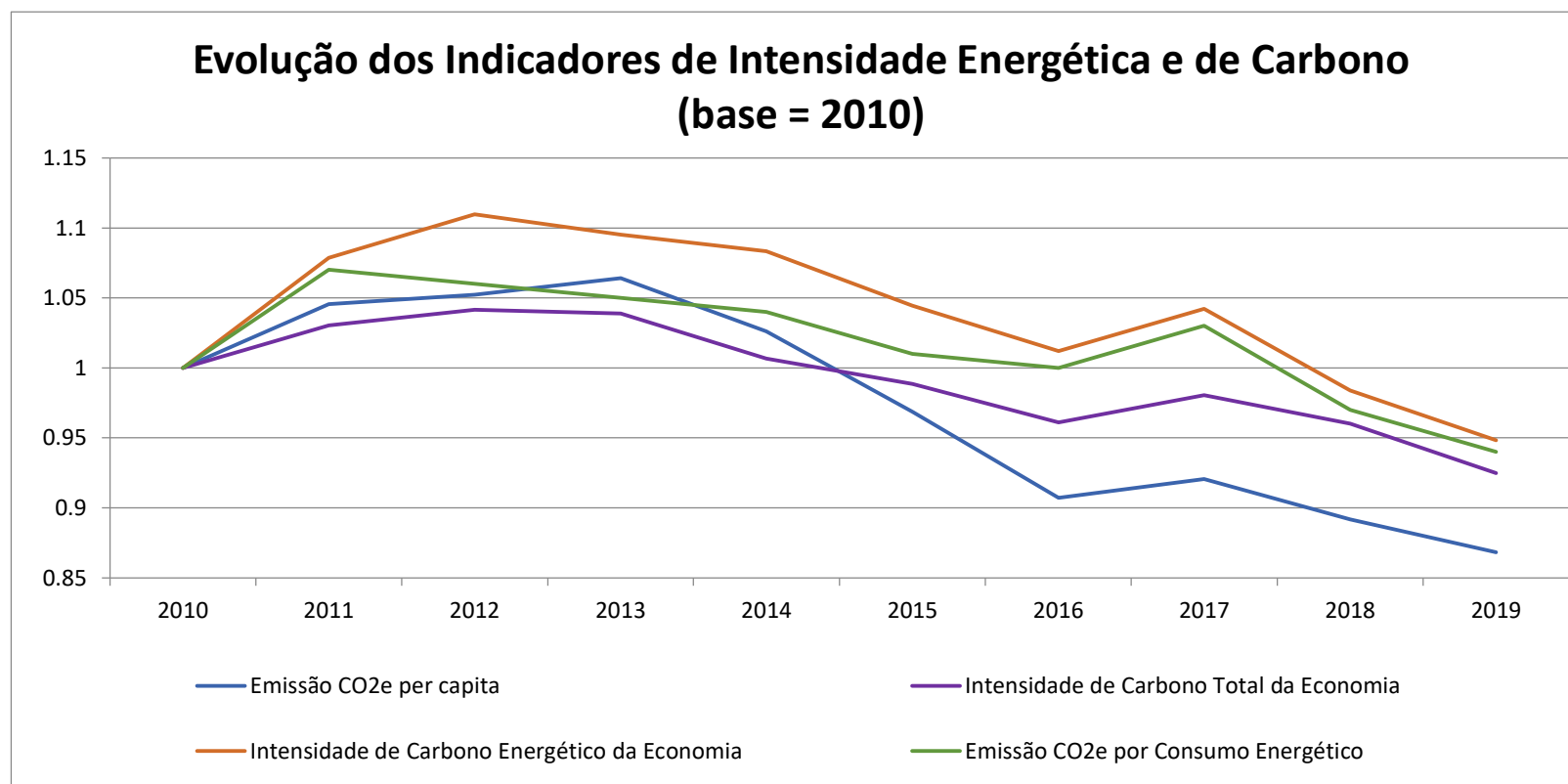
➤ Emissões em São Paulo



CONTEXTO

➤ Indicadores de Emissões em São Paulo

- Consumo energético menos carbono intensivo pós crise em SP;
- Intensidade de carbono total da economia do ESP se reduz quase constantemente desde 2013;



AGENDA

1. CONTEXTO

2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

METODOLOGIA

➤ Cenários

Referência

Crescimento com perfil tecnológico e energético similar ao histórico

Mitigação

Redução das emissões de GEE, buscando colaborar com o net-zero de emissões líquidas de GEE

GEEs considerados:
 CO_2 , N_2O e CH_4

METODOLOGIA

- O cálculo das emissões se baseou nos resultados de projeção da demanda energética dos diferentes segmentos do setor energético



Transporte



Industria



Energia



- Energia elétrica
 - Importação do grid



- Produção de combustíveis



Agropecuária



Edificações

- Residencial
- Comercial
- Público

METODOLOGIA

- O cálculo das emissões se baseou nos resultados de projeção da demanda energética dos diferentes segmentos do setor energético



Transporte



Industria



Energia

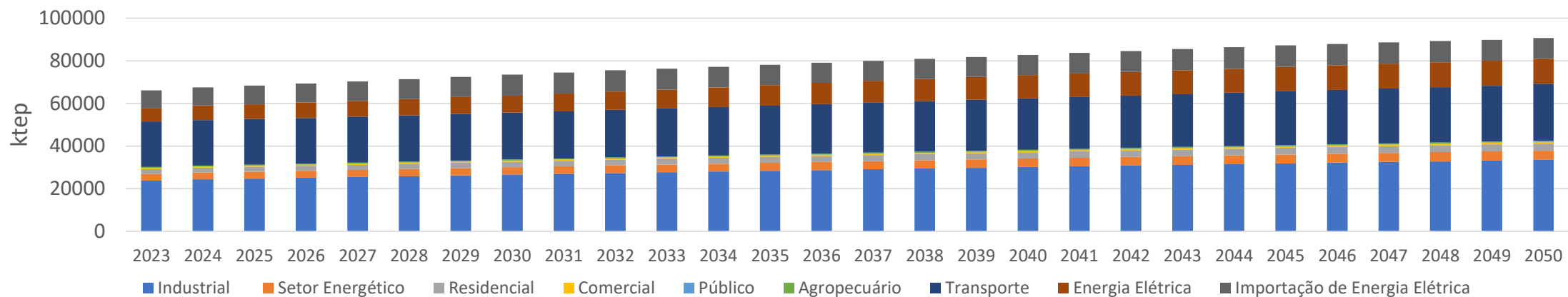


Agropecuária



Edificações

Consumo de Combustíveis (Sem eficiência e eletrificação)



➤ **Fatores de Emissões**

- Fatores de emissões e de conversões indicados no BEESP 2022 (Ano base 2021)
 - A fim de possibilitar a comparação e validação dos resultados
 - Fatores do AR6 do IPCC utilizados para equivalência do Potencial de aquecimento para 100 anos (GWP 100)
- Na falta de algum dado, valores do IPCC ou do BEN 2022 foram utilizados
- Emissões biogênicas foram consideradas nulas (ciclo do carbono é neutro)
- Poluentes atmosféricos não foram considerados, apenas GEE
- Emissões do ciclo de vida não foram incorporadas
 - Ex: Emissões da geração de UTEs incluem apenas o consumo energético para a geração, as emissões dos insumos usados na construção da UTE estão alocados no setor industrial caso tenha ocorrido no ESP

AGENDA

1. CONTEXTO

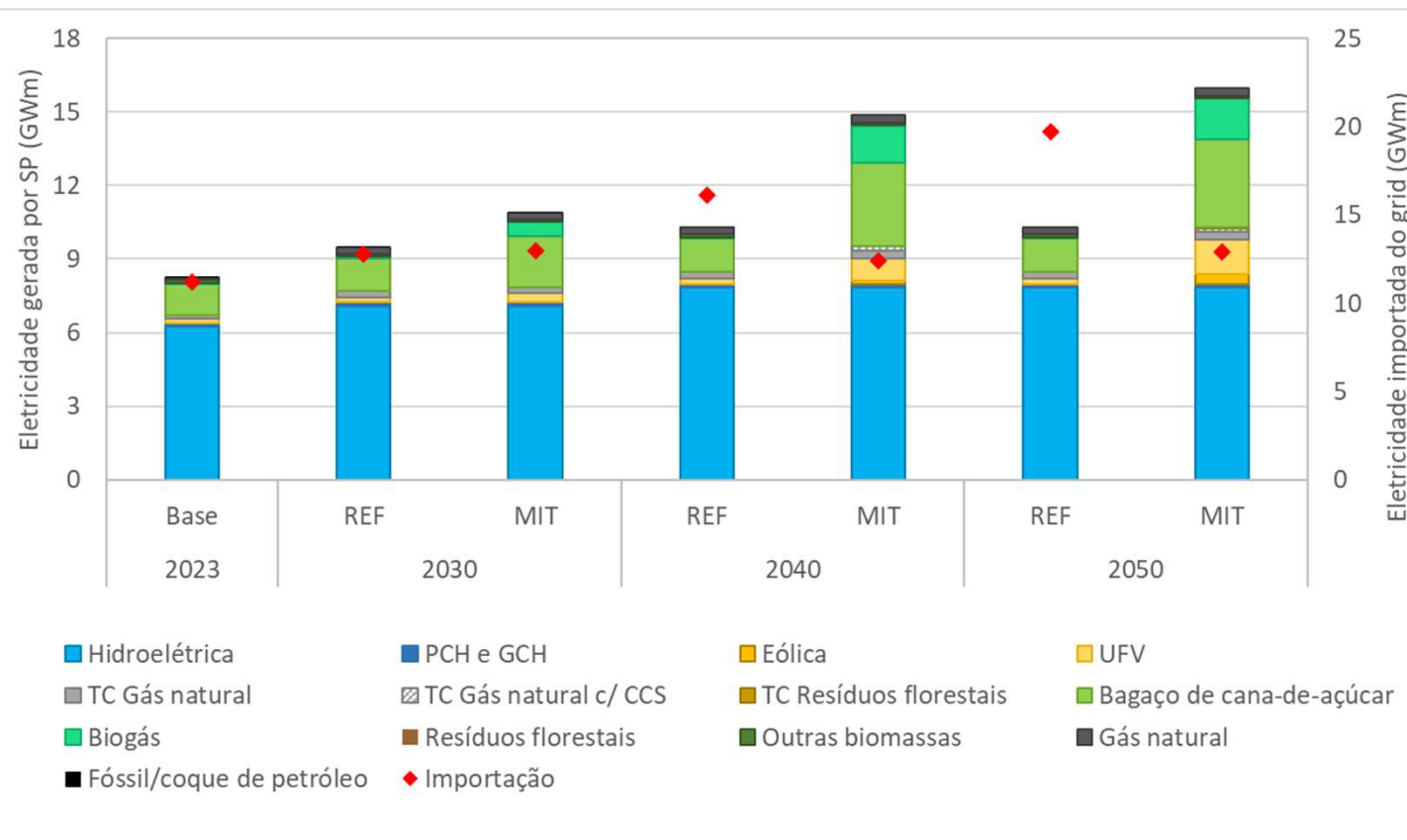
2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

RESULTADOS

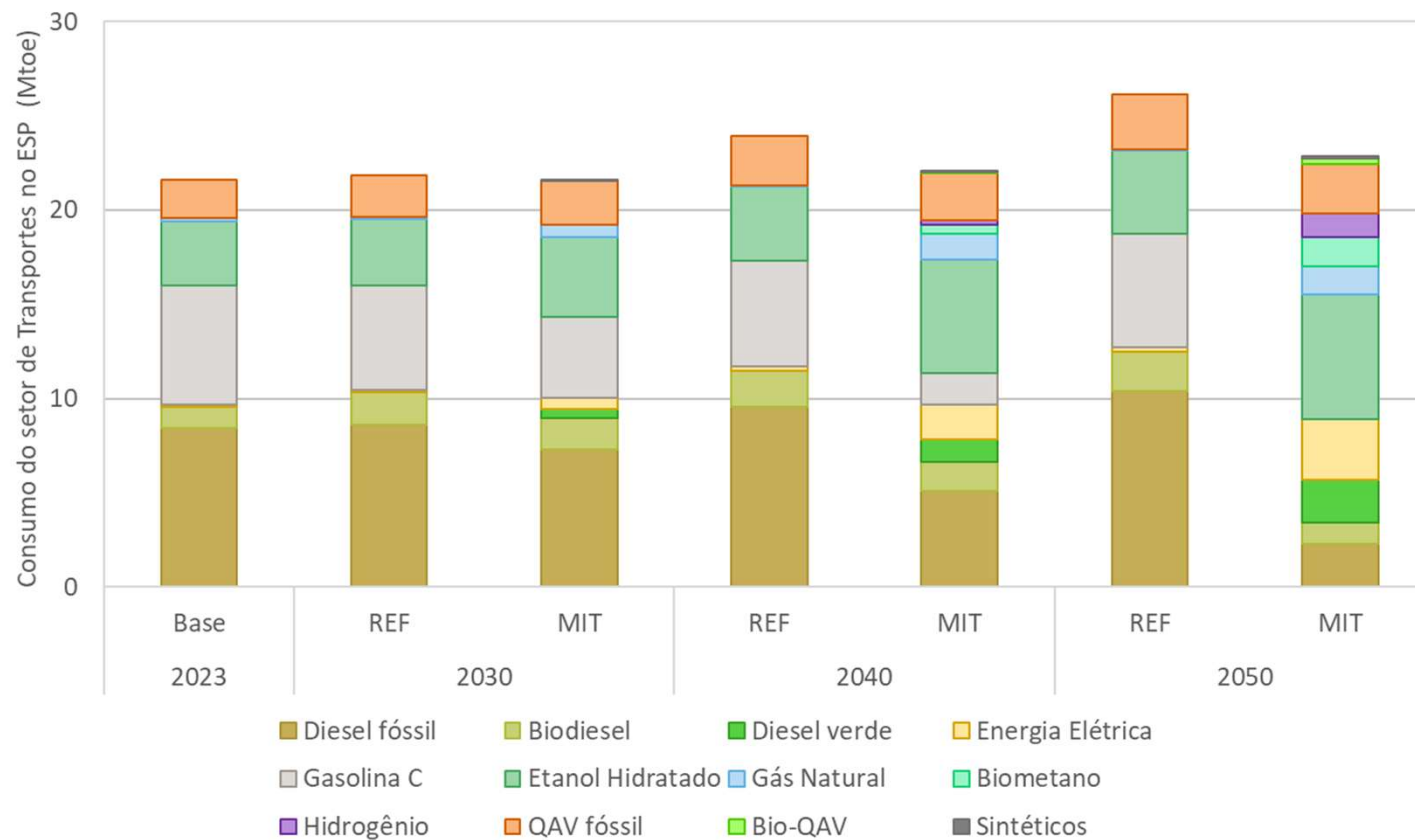
Setor Elétrico – geração elétrica no ESP



- Geração hídrica é igual nos dois cenários
- Maior diferença se deve ao crescimento de térmicas a partir de **bagaço de cana-de-açúcar** e de **biogás** no cenário Mitigação
- Penetração de **eólica** e crescimento maior de **UFV** (44% híbrido em 2050) no cenário Mitigação
- Cenário Mitigação conta com uma **térmicas centralizadas à gás natural com CCS**
- No cenário Mitigação há **redução** de 34% de **importação** do grid em 2050, comparado ao cenário referência

RESULTADOS

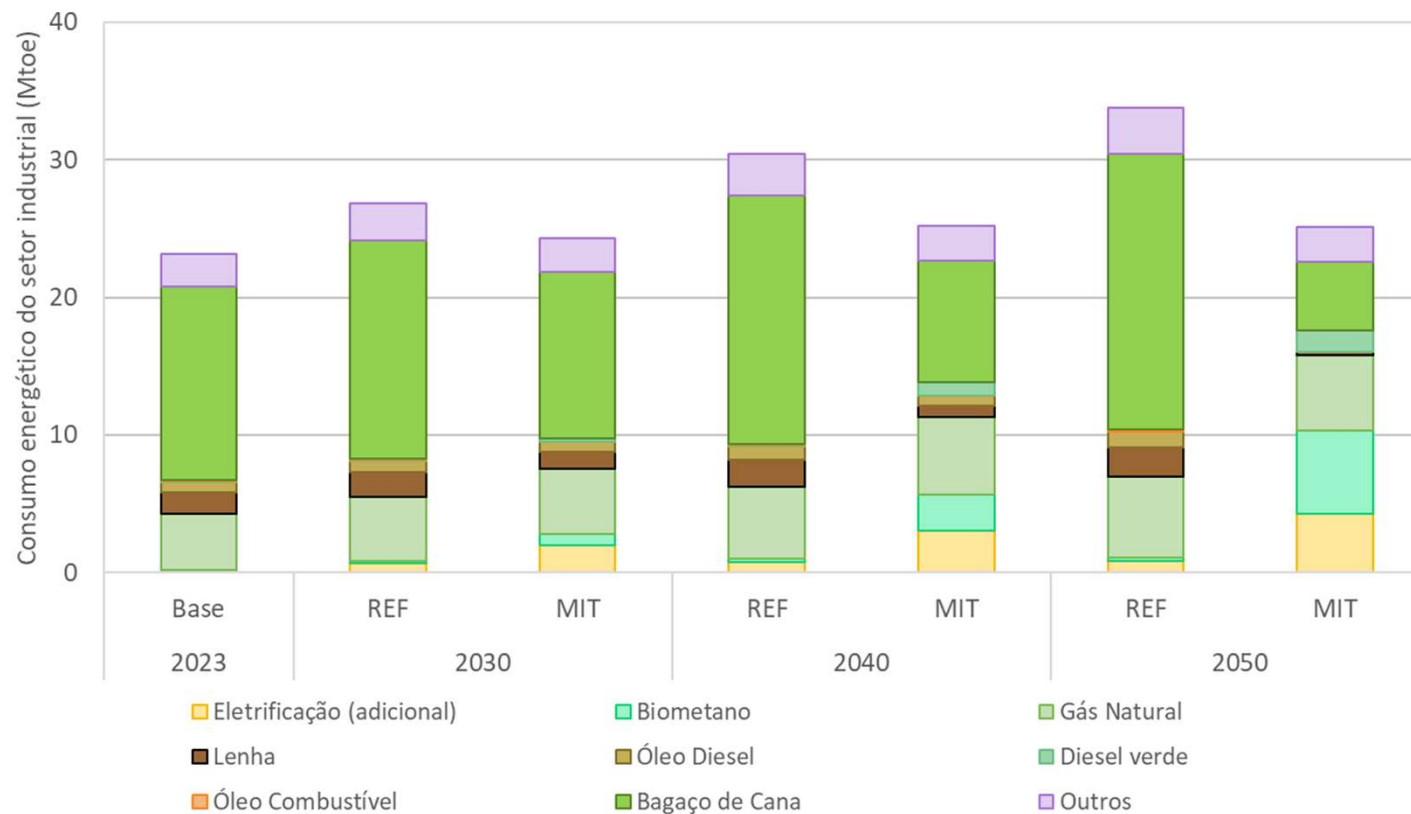
Setor de Transportes – consumo de combustíveis no ESP



- A proporção do consumo de combustíveis no cenário Referência se mantém **estável no tempo**
- A **eletrificação dos veículos** (eletricidade e hidrogênio) demonstra sua importância em um cenário de Mitigação
- Os **combustíveis verdes** representam mais da metade do consumo total do setor para o cenário de Mitigação, seguidos por quase 20% de **eletrificação**

RESULTADOS

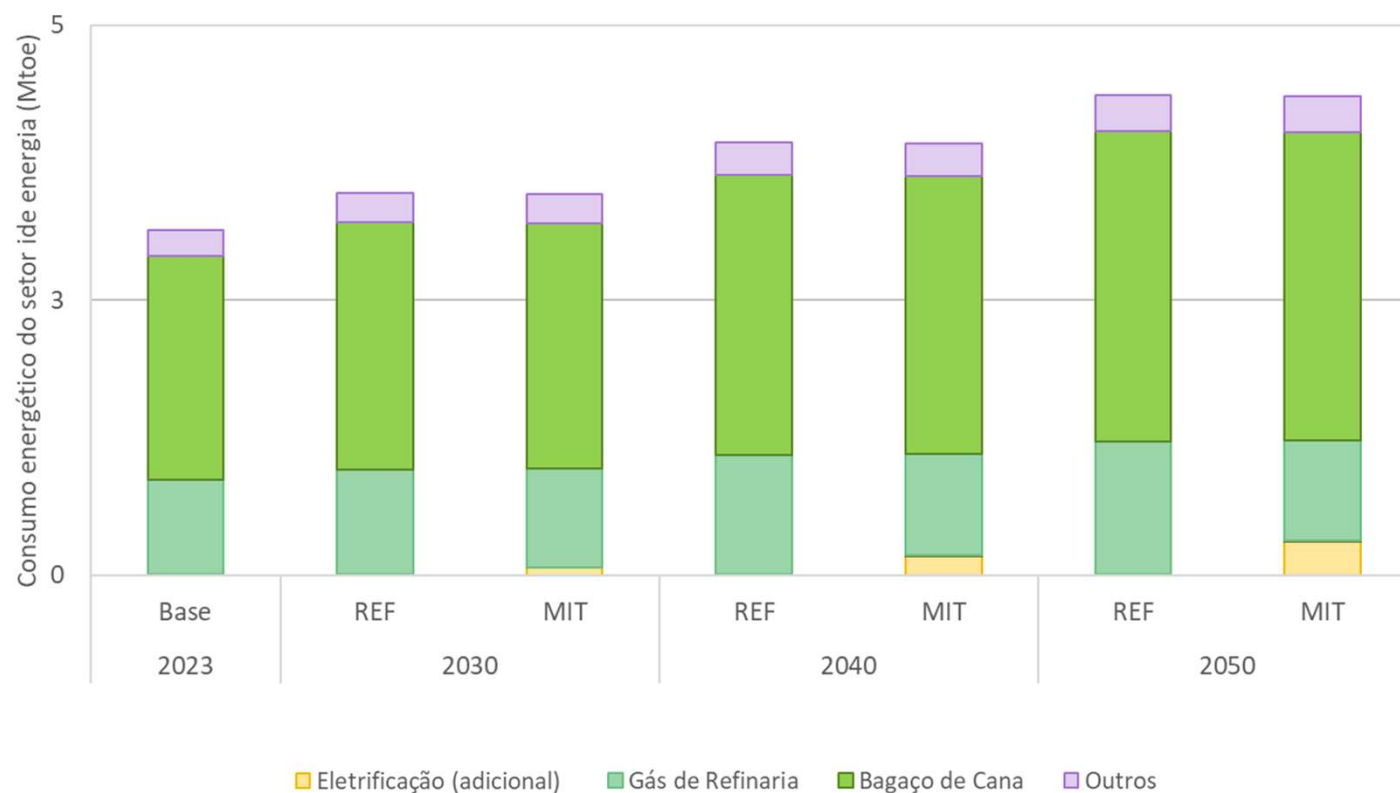
Consumo energético do setor industrial



- No cenário Mitigação há maior **eletrificação** e penetração de **diesel verde** e **biometano** do que no cenário Referência
- Há redução de uso de óleo diesel, lenha e bagaço de cana-de-açúcar
- O **consumo energético** do setor em 2050 no cenário Mitigação é **26%** menor em relação ao cenário Referência

RESULTADOS

Consumo energético do setor de energia

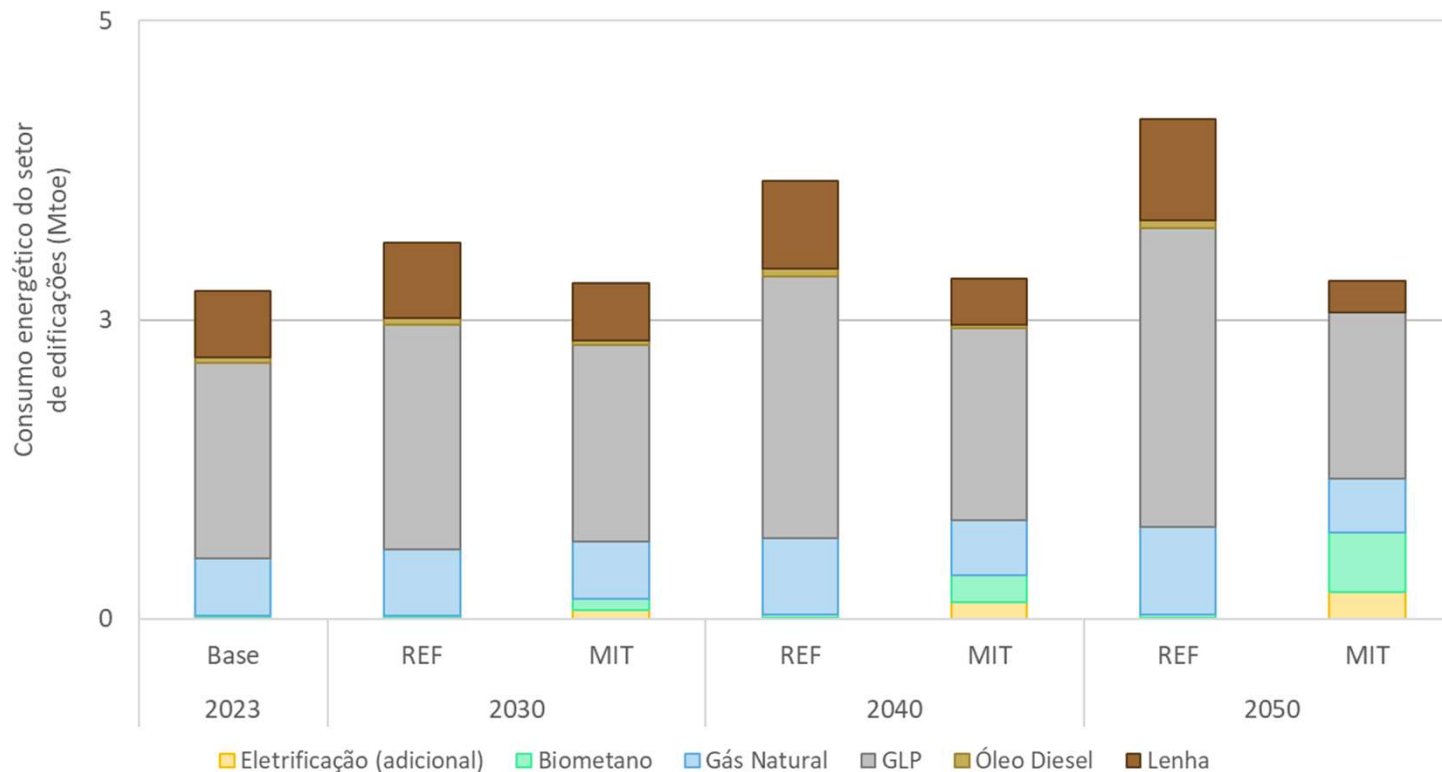


➤ **Eletrificação** no cenário Mitigação, em substituição de parte do uso de **gás de refinaria**

RESULTADOS

Consumo energético do setor de edificações

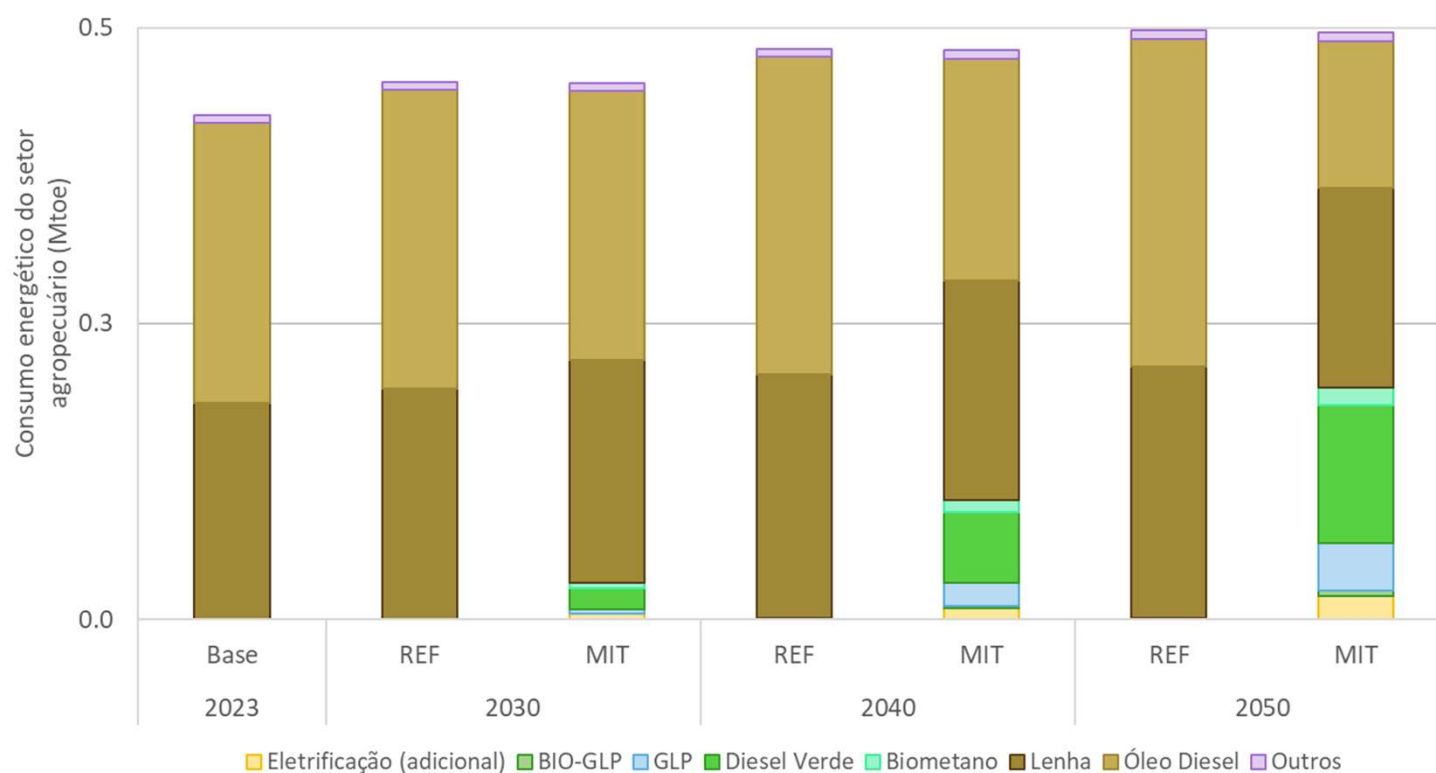
Residencial, Comercial e Público



- No cenário Mitigação há maior **eletrificação** e penetração de **biometano** do que no cenário Referência
- Há redução de uso de **gás natural, GLP e lenha**
- Em 2050, o **consumo energético** do setor é **40% menor** no cenário Mitigação em relação ao cenário Referência

RESULTADOS

Consumo energético do setor agropecuário

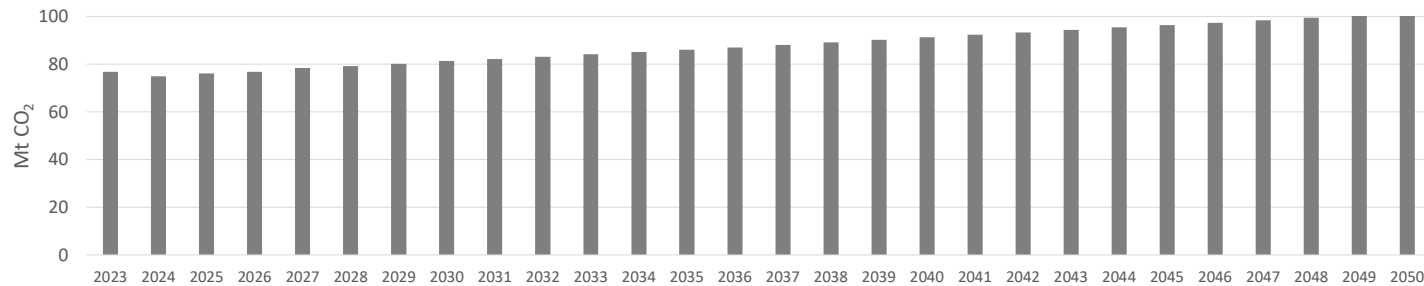


- No cenário Mitigação há maior penetração de combustíveis renováveis **como diesel verde e biometano**
- **Redução do consumo de diesel**

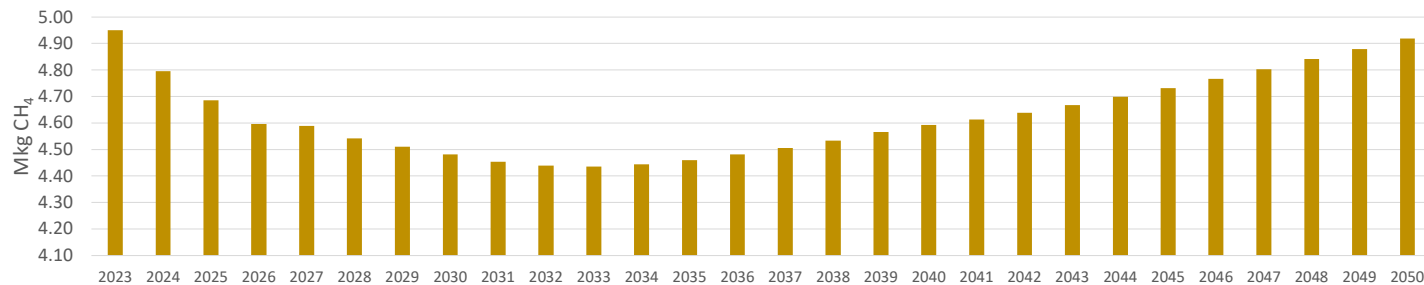
RESULTADOS

Emissões cenário Referência

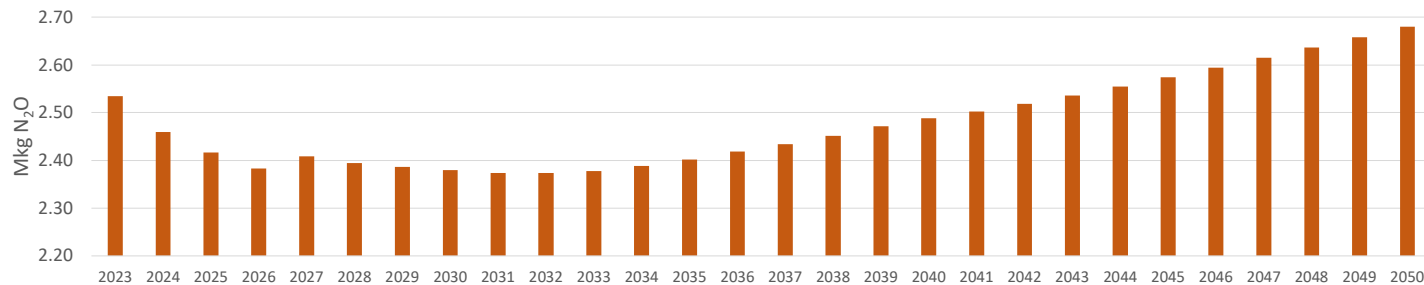
Emissões de CO₂ - Cenário Referência



Emissões de CH₄ - Cenário Referência



Emissões de N₂O - Cenário Referência

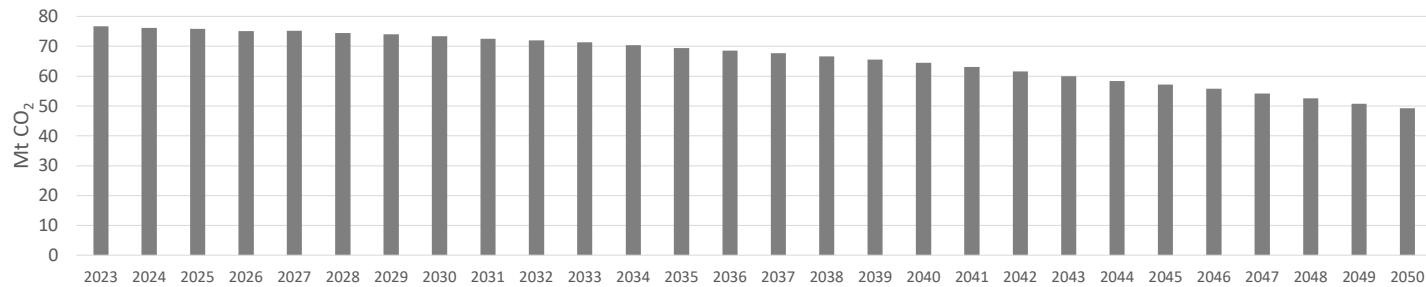


- Gráfico com escalas distintas
- Emissões de metano e óxido nitroso apresentam uma redução no final dos anos 20 devido a uma leve redução no consumo de gasolina

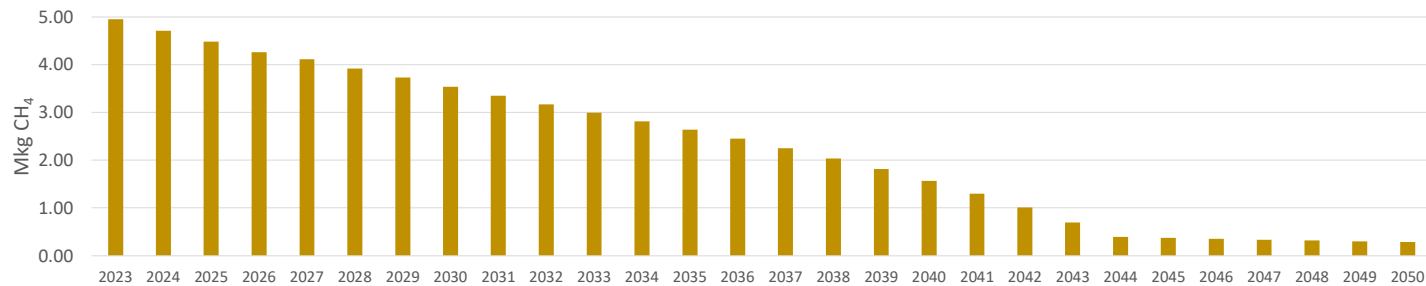
RESULTADOS

Emissões cenário Mitigação

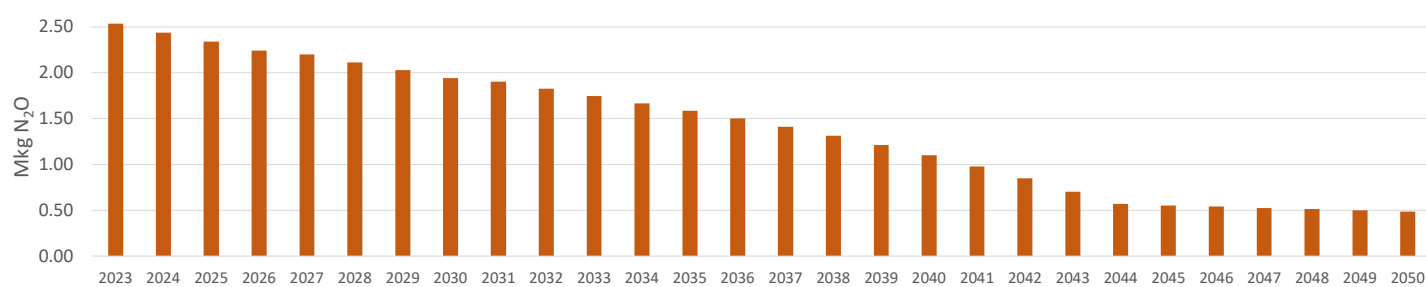
Emissões de CO₂ - Cenário Mitigação



Emissões de CH₄ - Cenário Mitigação



Emissões de N₂O - Cenário Mitigação

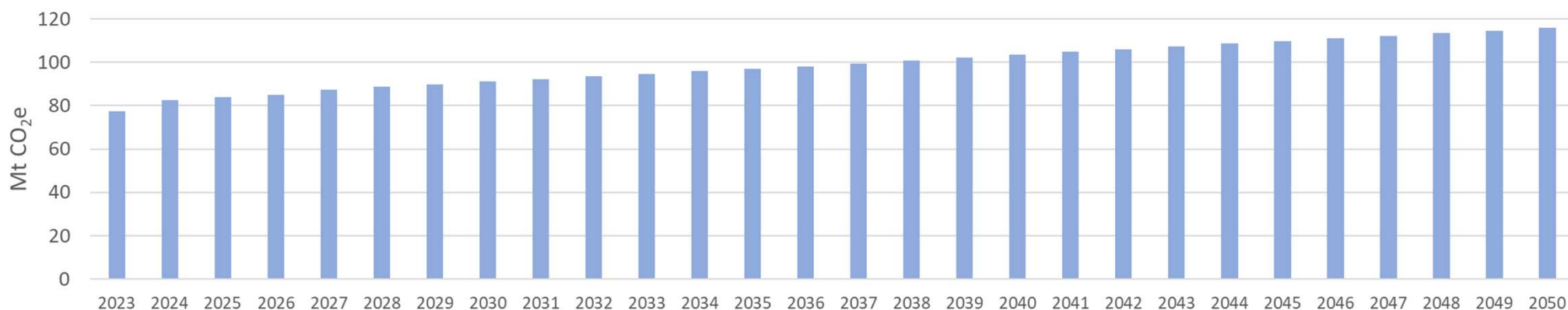


- Gráfico com escalas **distintas**
- Constante redução de todos os GEEs considerados.

RESULTADOS

Emissões GEE GWP 100 – AR6

Emissões de CO₂e - Cenário Referência

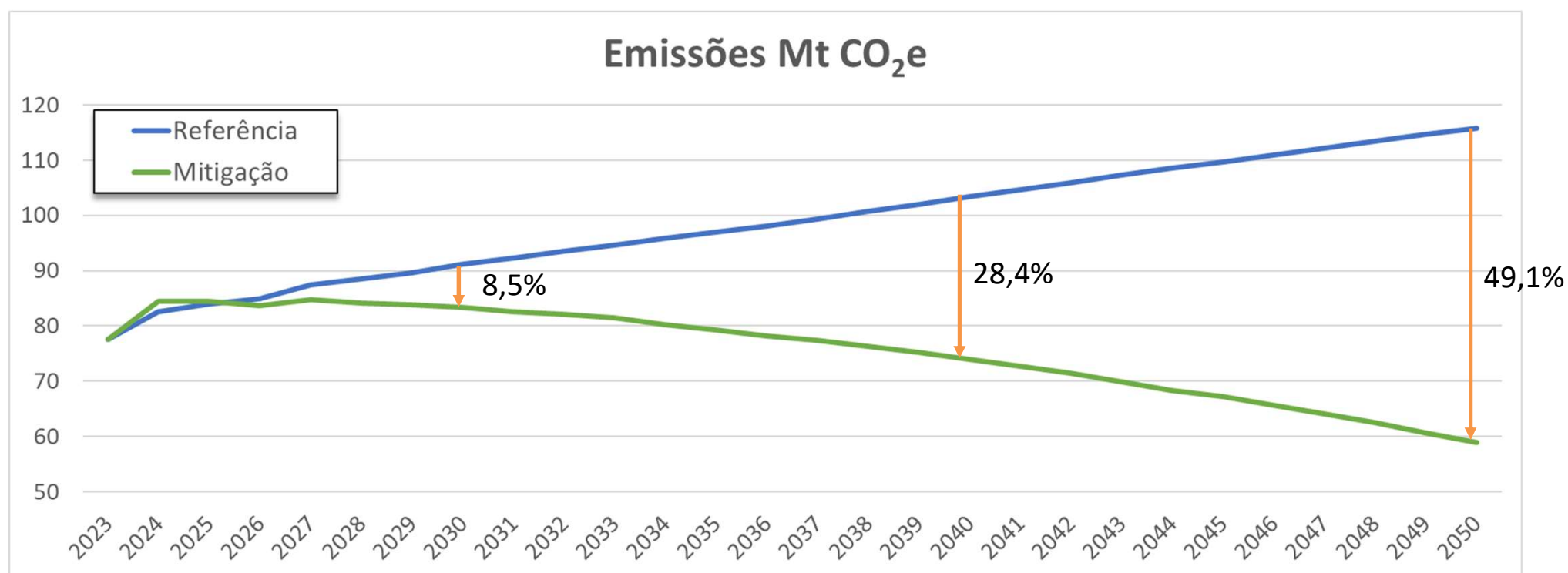


Emissões de CO₂e - Cenário Mitigação



RESULTADOS

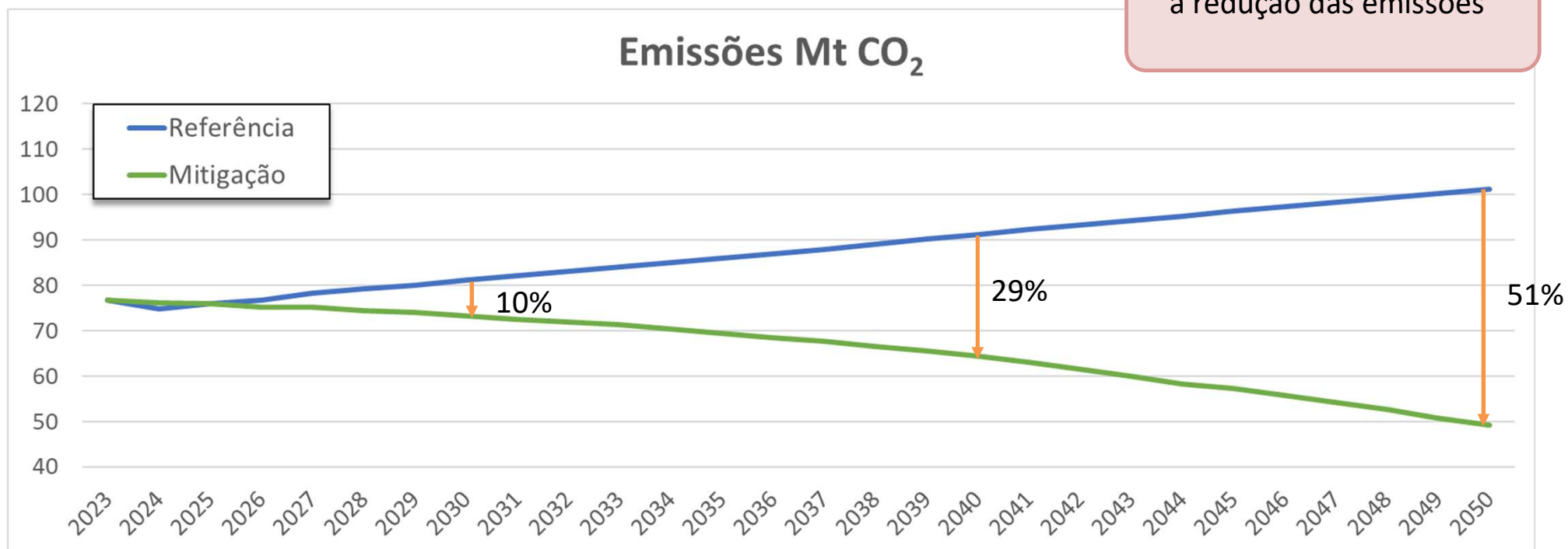
Comparação dos cenários



RESULTADOS

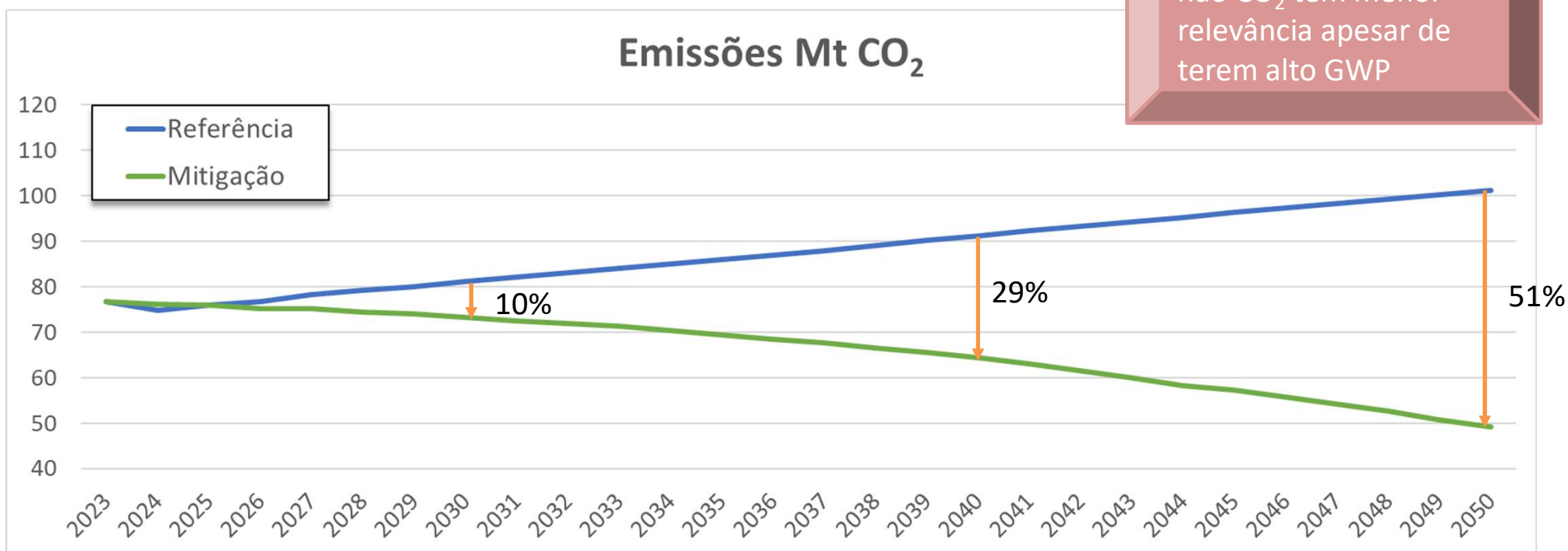
Comparação dos cenários

A redução de CO₂ é o maior contribuinte para a redução das emissões



RESULTADOS

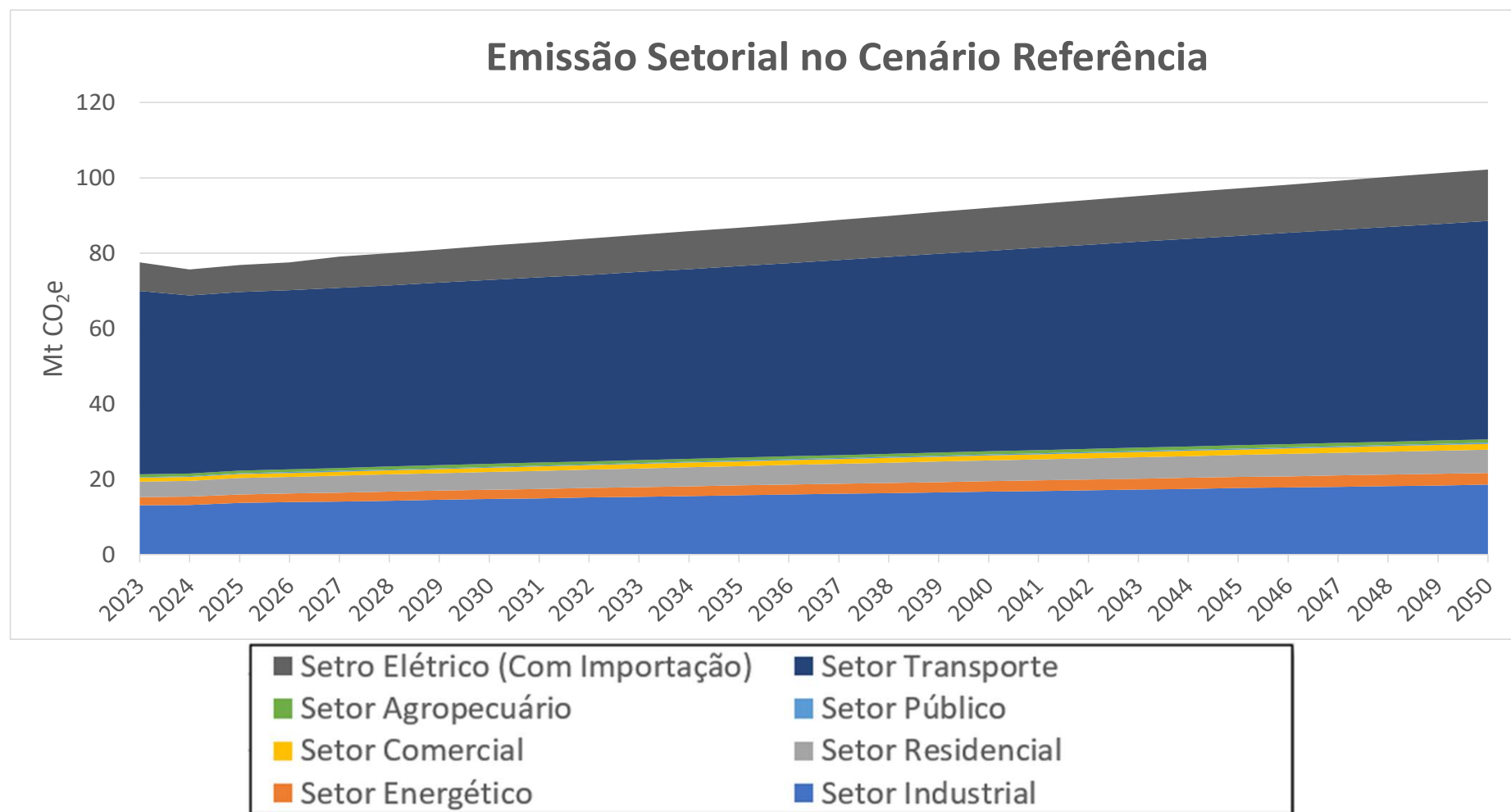
Comparação dos cenários



O setor energético é um setor que outros GEEs não CO₂ tem menor relevância apesar de terem alto GWP

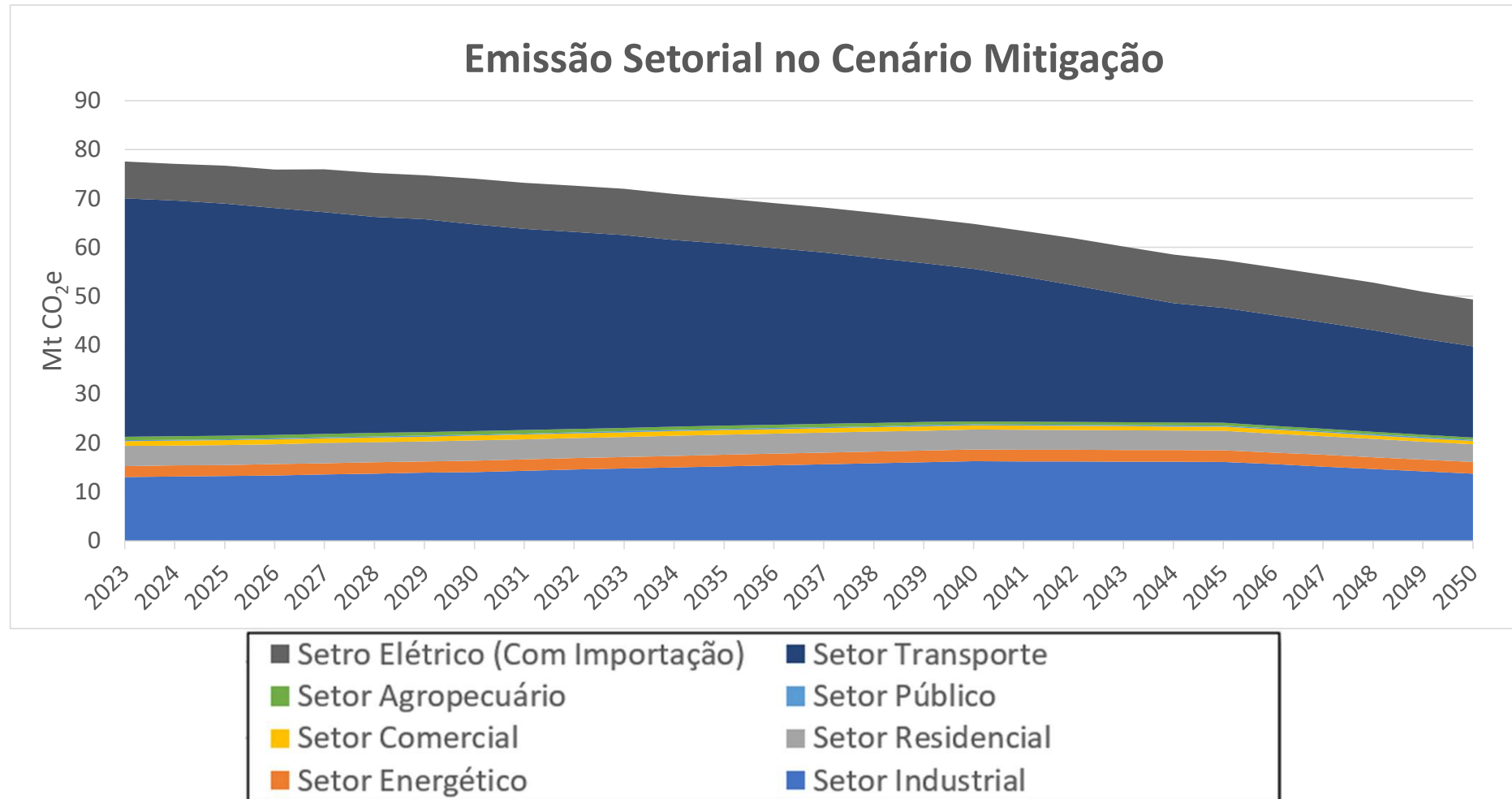
RESULTADOS

Emissões por setor GEE GWP 100 – AR6



RESULTADOS

Emissões por setor GEE GWP 100 – AR6



RESULTADOS

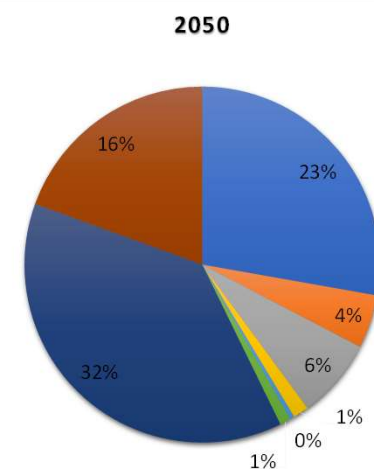
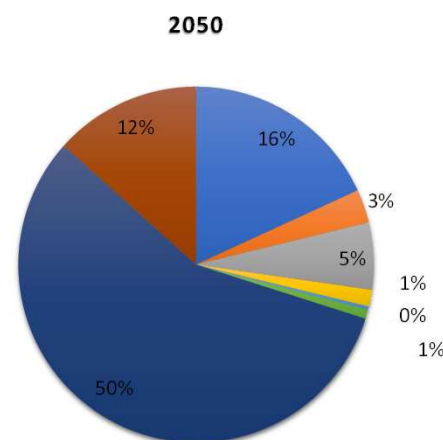
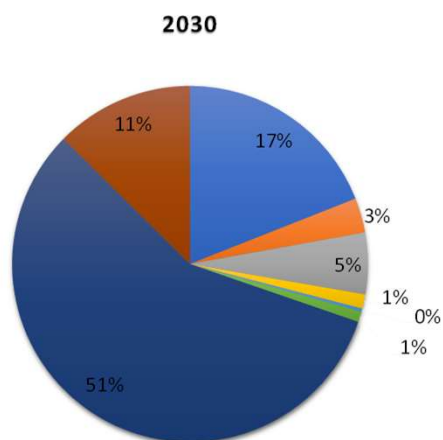
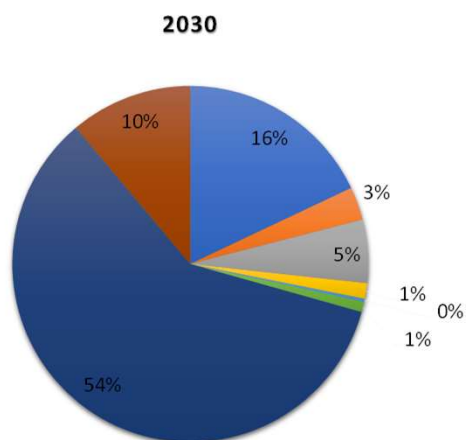
Emissões por setor GEE GWP 100 – AR6

Referência

Mitigação

Referência

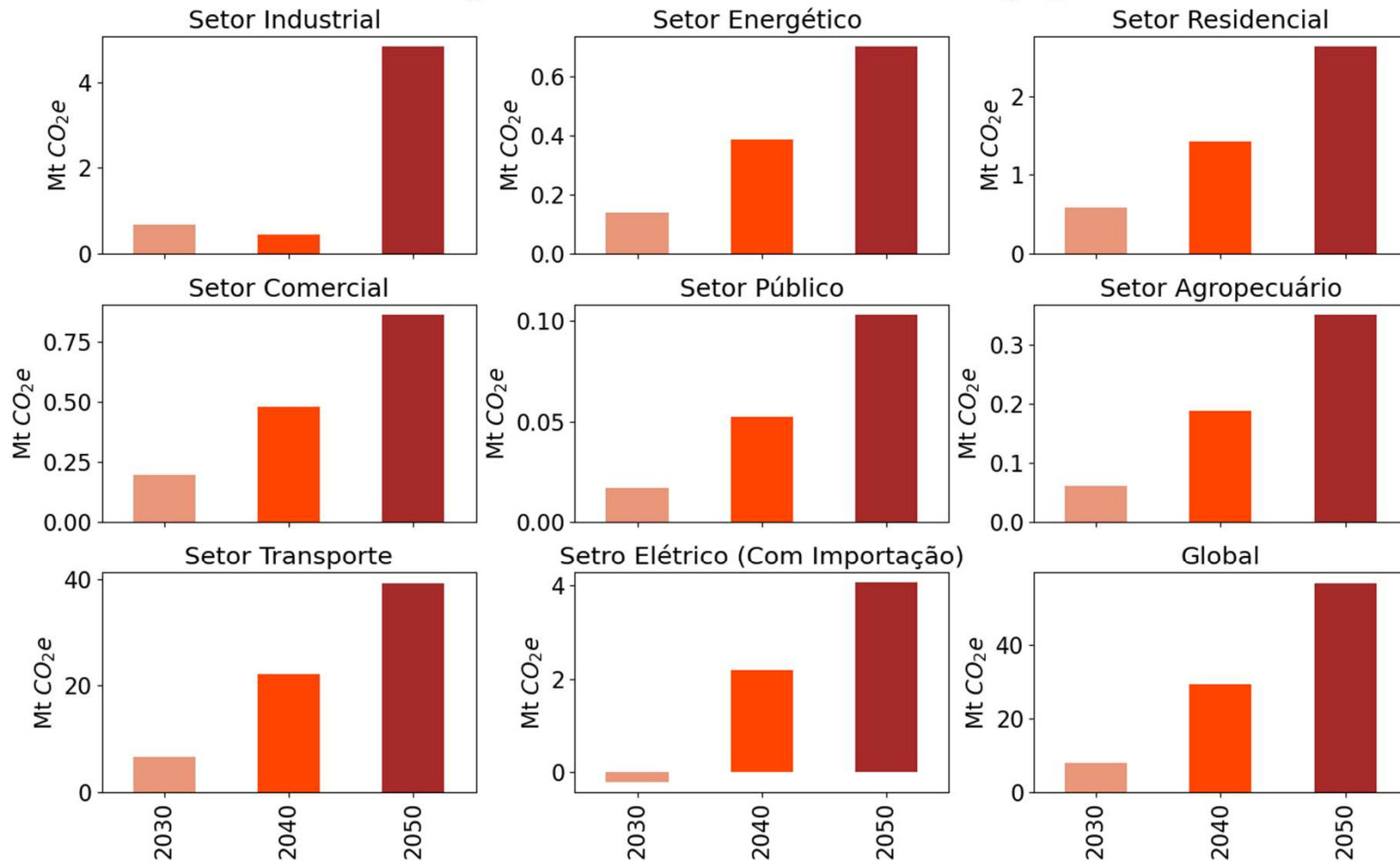
Mitigação



RESULTADOS

Emissões por setor GEE GWP 100

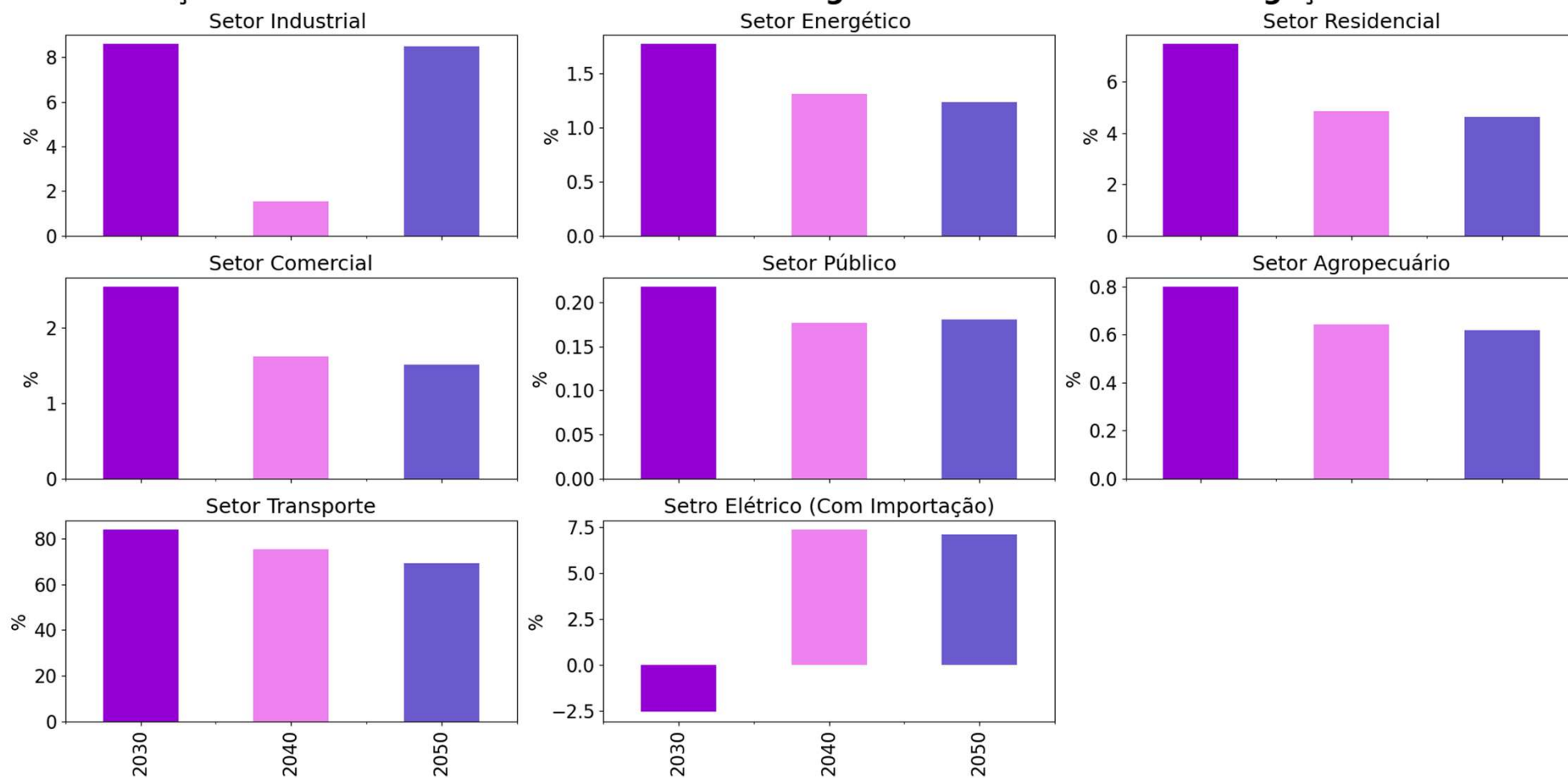
Emissões de GEE mitigadas entre os cenários Mitigação e Referência



RESULTADOS

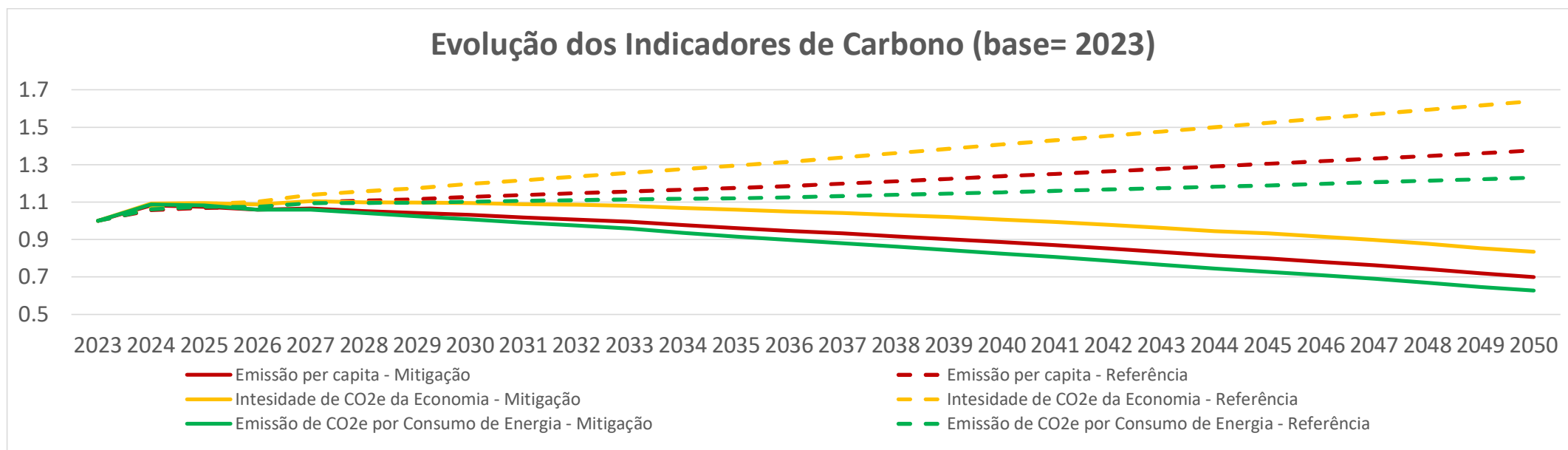
Emissões por setor GEE GWP 100

Contribuição setorial do % de emissões de GEE mitigadas entre os cenários Mitigação e Referência



RESULTADOS

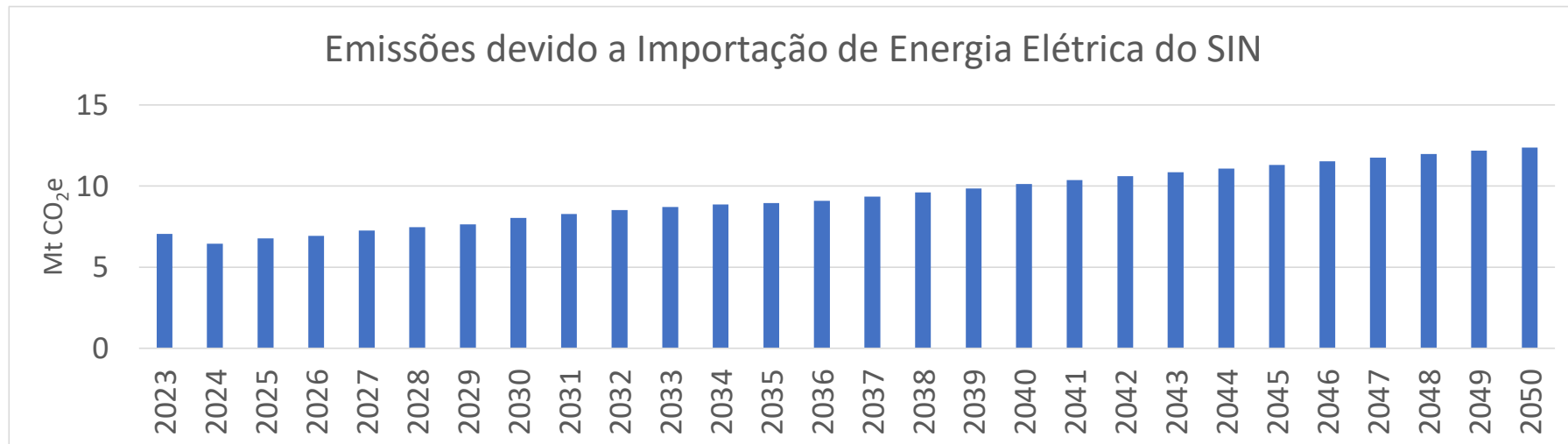
Indicadores



➤ **Cenário de Mitigação apresenta melhoria em todos os indicadores avaliados**

RESULTADOS

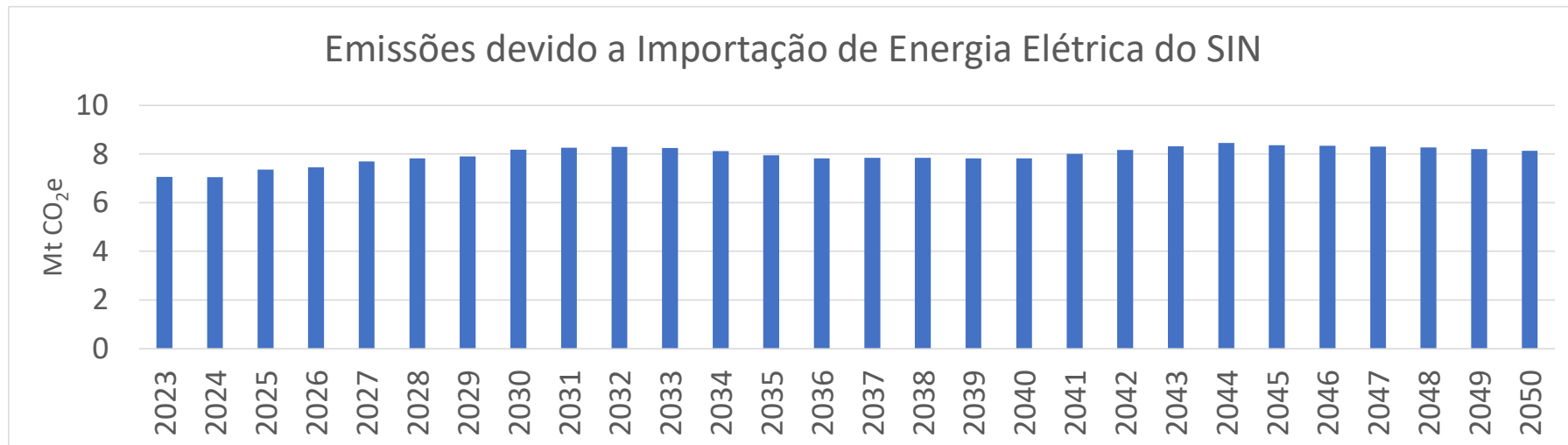
Emissões – Importação SIN – Cenário Base



- **Premissa: Fator de emissão do grid constante ao longo do tempo**
 - Ao alocar as emissões oriundas da importação de energia elétrica do grid, o ESP pode reduzir ainda mais suas emissões ao aumentar o investimento em geração elétrica renovável local independente de outras medidas a nível federal ou de outros estados

RESULTADOS

Emissões – Importação SIN – Cenário Mitigação



- **Premissa: Fator de emissão do grid constante ao longo do tempo**
- Redução de quase 35% em 2050 no cenário mitigação em relação ao Referência

BECCS

➤ Carbono negativo

- O cenário mitigação não considerou emissões negativas a partir da captura de carbono de biomassa



Etanol

➤ 2021

- 6,2 bilhões de litros → Potencial de captura de 2.4 Mt CO₂



Biogás

➤ 2022

- 58 milhões de m³ → Potencial de captura de 0.067 Mt CO₂
- Potencial Total de produção 5,7 bilhões de m³ → potencial de captura 4,0 Mt CO₂

BECCS

➤ Carbono negativo

- O cenário mitigação não considera a contribuição a partir da captura de carbono de biomassa



Caso em 2050 toda a produção atual de biogás e etanol tenha CCS isso representaria uma redução adicional de pouco mais que **4%** nas emissões de CO₂ do cenário mitigação



➤ 2021

- 6,2 bilhões de m³ de etanol → Potencial de captura de 2.4 Mt CO₂
- 5.7 bilhões de m³ de biogás → Potencial de captura de 0.067 Mt CO₂
- Potencial de produção 5.7 bilhões de m³ → potencial de captura 4.0 Mt CO₂

AGENDA

1. CONTEXTO

2. METODOLOGIA, PREMISSAS E MODELOS UTILIZADOS

3. RESULTADOS

4. CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

- **Projeção de redução de quase 50% das emissões em 2050 no cenário Mitigação em comparação ao cenário Referência**
 - Redução é liderada pelo setor de transporte que responde por 69% (quase 40 Mt CO₂e) das reduções totais
- **Mitigação: Emissões em 2050 são 24% menores em relação às emissões de 2023**
 - Destaque para o setor de transporte com redução de quase 62%
 - Seguido do agropecuário e comercial ambos com aproximadamente 30% de diminuição
 - Enquanto no cenário Referência as emissões aumentam 49% em 2050 em relação a 2023
- **A eletrificação e ganhos de eficiência projetados colaboraram para a redução das emissões, mas uma transição para vetores energéticos de baixo carbono é crucial para o ESP**
- **BECCS surgem como uma alternativa para que metas mais ousadas de mitigação de GEE possam ser alcançadas**
 - CCS em plantas de produção de H₂ e geração elétrica a GN foram consideradas no cenário Mitigação
- **O setor energético é um setor de difícil descarbonização**
 - Mecanismos de carbono serão essenciais para que a emissão líquida do setor seja zero

**Secretaria de
Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística**



SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO



Fundação de Apoio à
Universidade de São Paulo