

Mobilidade Urbana

Desafios da transição energética

Mario Leite Pereira Filho

Sumário

- A redução do efeito estufa
- Matriz energética no Brasil
- Mobilidade e emissão de GEE
- A eletrificação dos transportes
- As opções de tração elétrica
- Conclusões

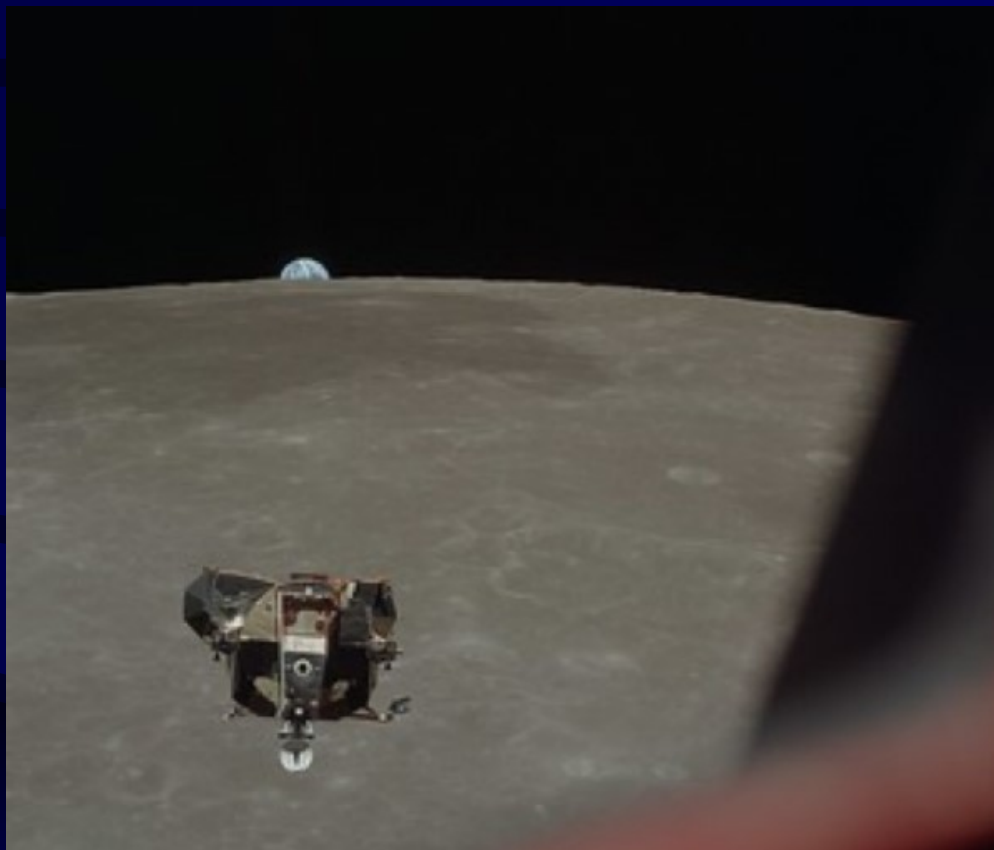
O efeito estufa e sua redução

- A manutenção de nosso modo de vida resulta na liberação de resíduos sólidos, efluentes líquidos e gases para o meio ambiente.
- Os GEE principais são gás carbônico (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbonetos (CFCs) e ozônio (O_3)
- Estes GEE dificultam a saída de calor da Terra para o espaço aumentando a temperatura média.
- A redução dos GEE requer a redução da queima de combustíveis fósseis e/ou a captura dos GEE

Acordo de Paris – Mudanças climáticas

- Protocolo de Kyoto em 1997 delineou primeiras ações para redução dos GEE. Problemas...
- Acordo de Paris em 2015 : 195 países
 - Evitar elevação da temperatura na Terra em mais de 2 °C acima da época pré-industrial.
 - Limitar a elevação de temperatura em 1,5 °C nos próximos 100 anos

Michael Collins: pequena e frágil



- Não existe “fora”: Tudo está no planeta Terra

Matriz energética (EPE BEN 2020)

RENOVÁVEIS ► 46,1%



Biomassa da Cana
18,0%



Hidráulica¹
12,4%



Lenha e Carvão Vegetal
8,7%



Outras renováveis
7,0%

NÃO RENOVÁVEIS ► 53,9%



Petróleo e derivados
34,4%



Gás Natural
12,2%



Carvão Mineral
5,3%



Urânio
1,4%

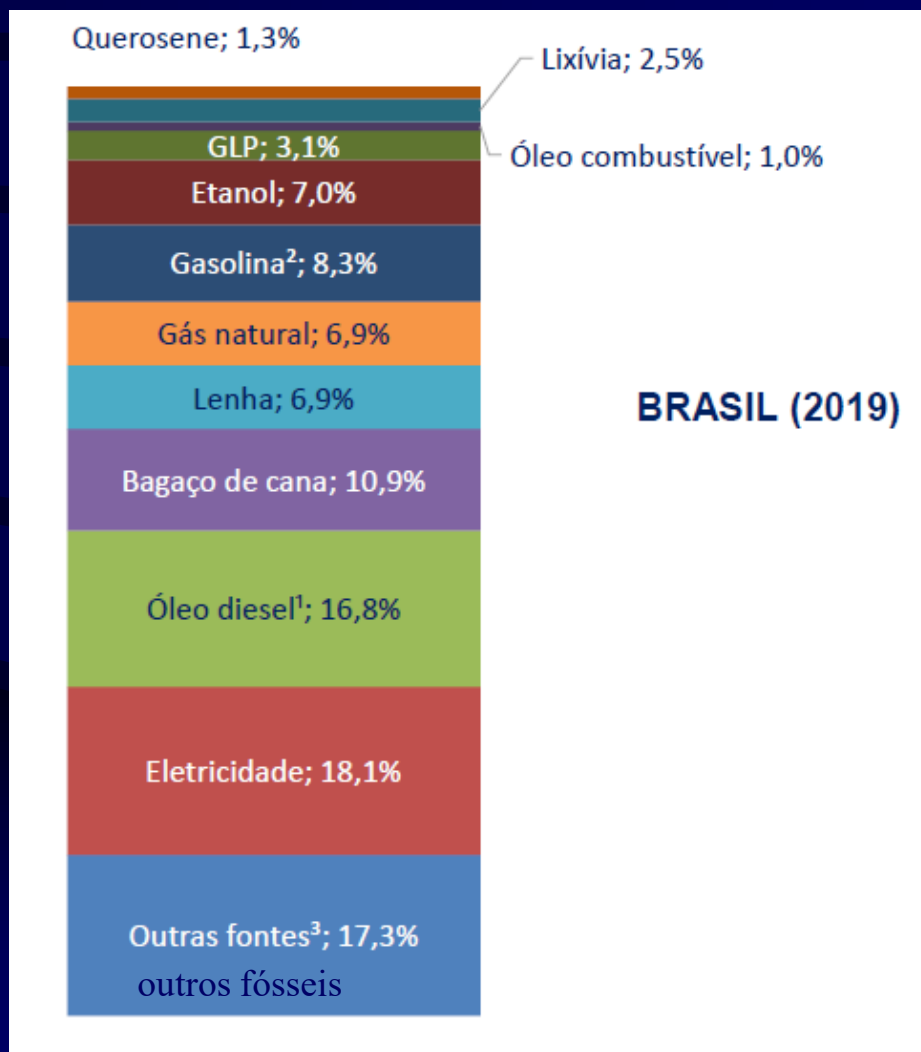


Outras não renováveis
0,6%

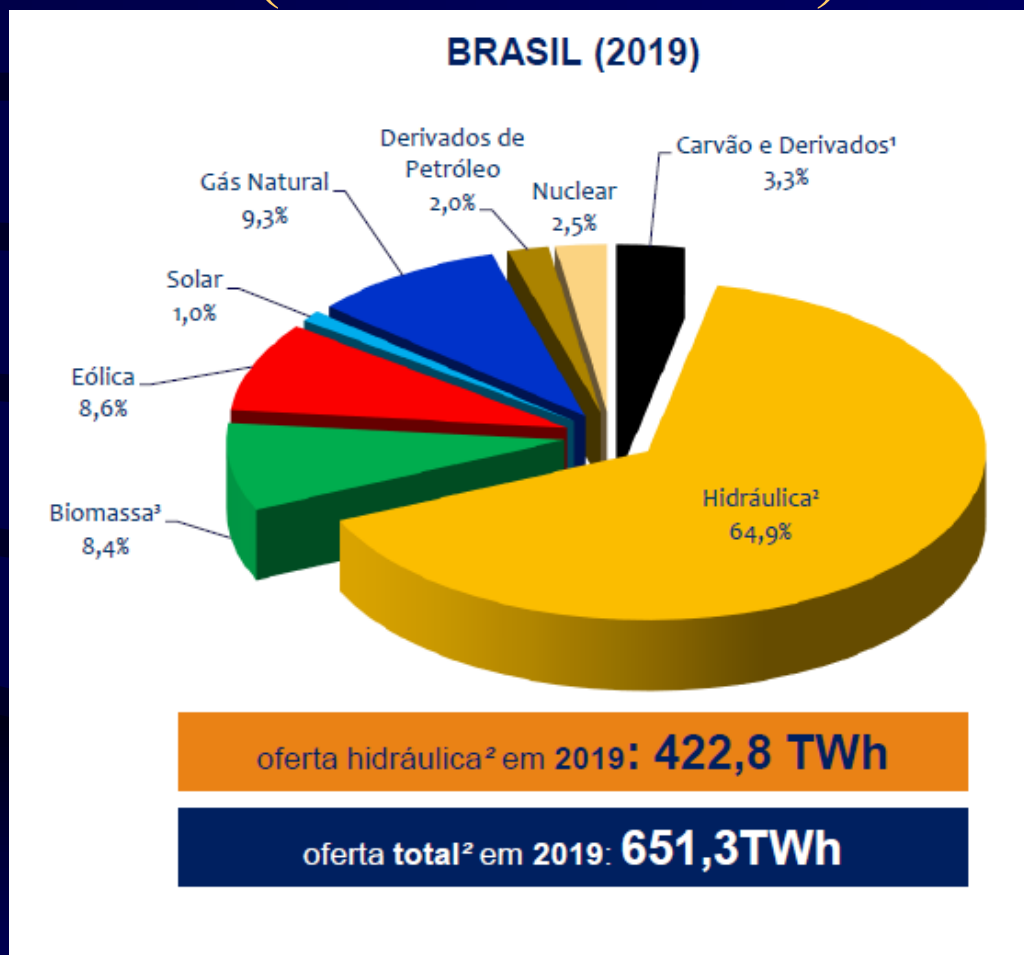
¹ Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica

- A média mundial é de 14% para renováveis e 86% para não renováveis!

Consumo final por forma de distribuição (EPE BEN 2020)



Matriz de energia elétrica (EPE BEN 2020)



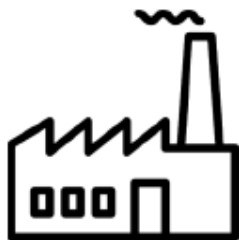
**83% de renováveis!! Energia elétrica não é
uma fonte primária. Qual fonte?**

Uso de energia total (EPE BEN 2020)

Transportes
32,7%



Indústrias
30,4%



**Setor
Energético**
11,2%



Residências
10,3%



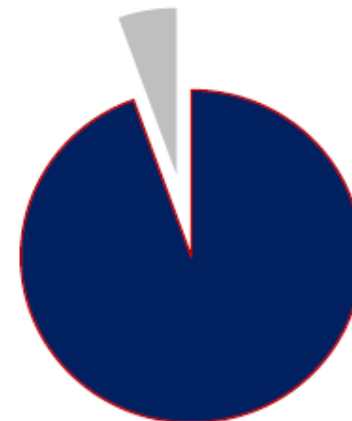
Serviços
5,1%



Agropecuária
4,9%

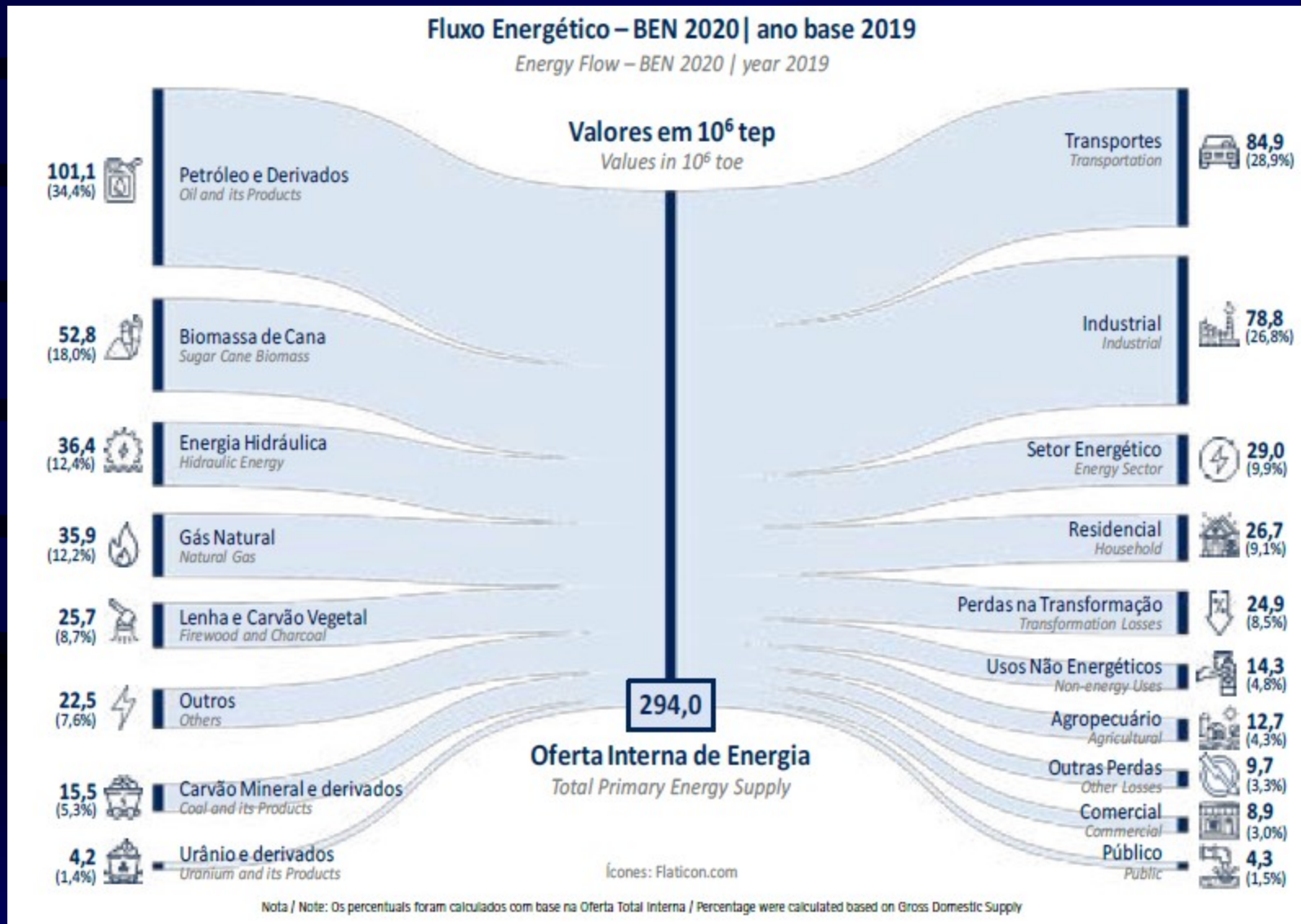


**Uso não
energético**
5,5%



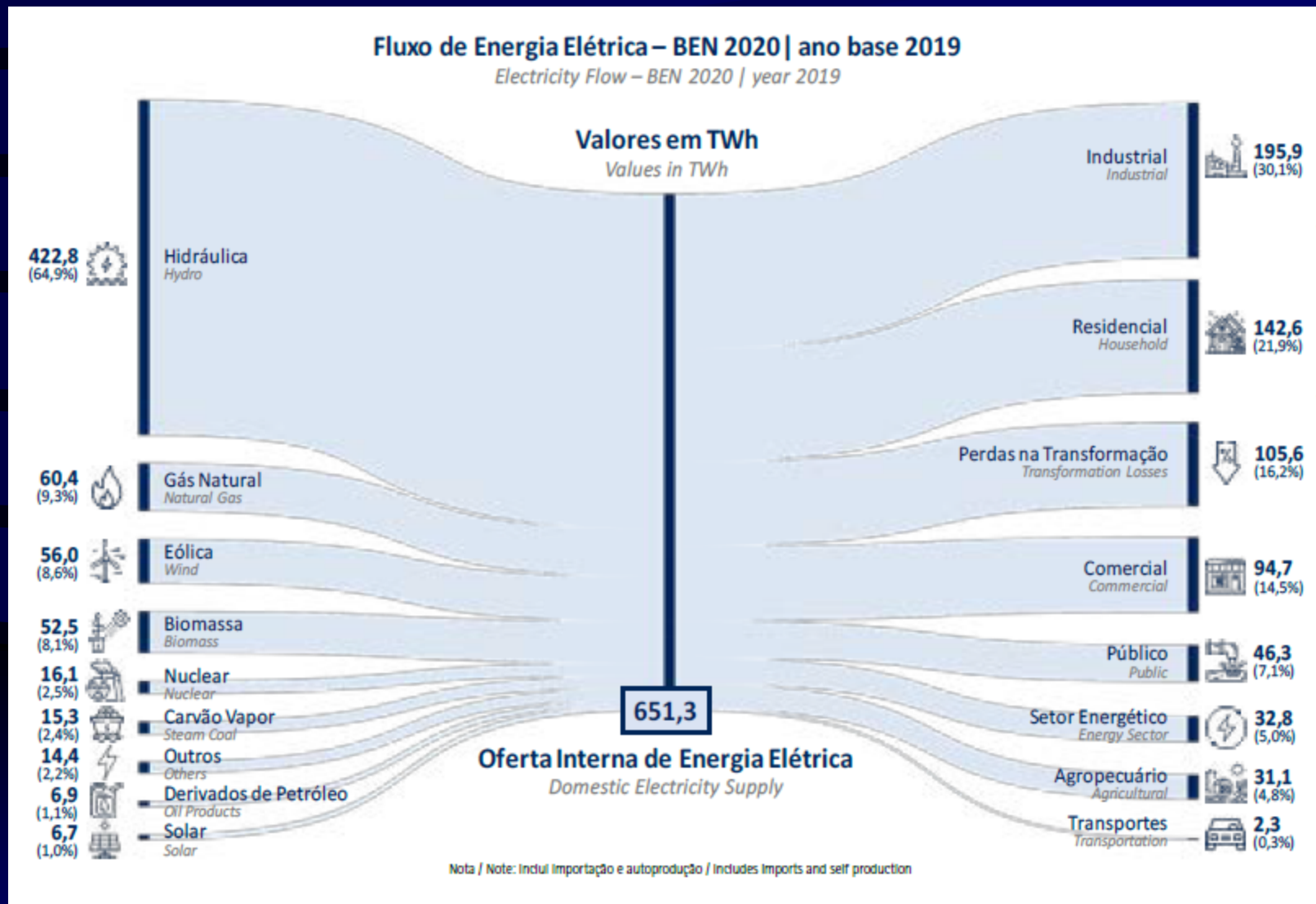
**Transporte de cargas e pessoas é o setor de
maior consumo**

Fluxo de Energia



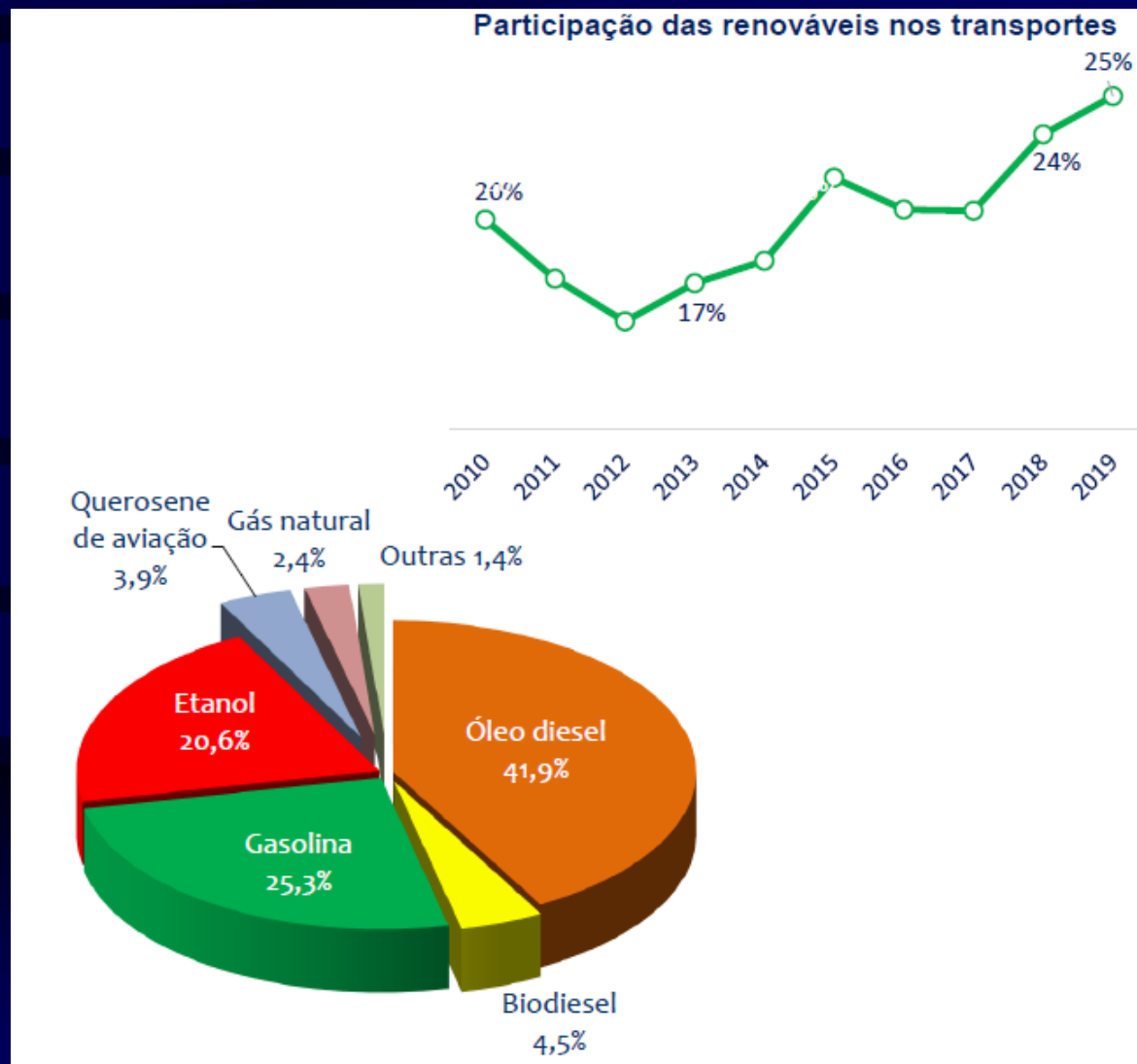
Transporte de cargas e pessoas é o setor de maior consumo

Fluxo de Energia Elétrica



Transporte de cargas e pessoas consome apenas 0,3% da energia elétrica!

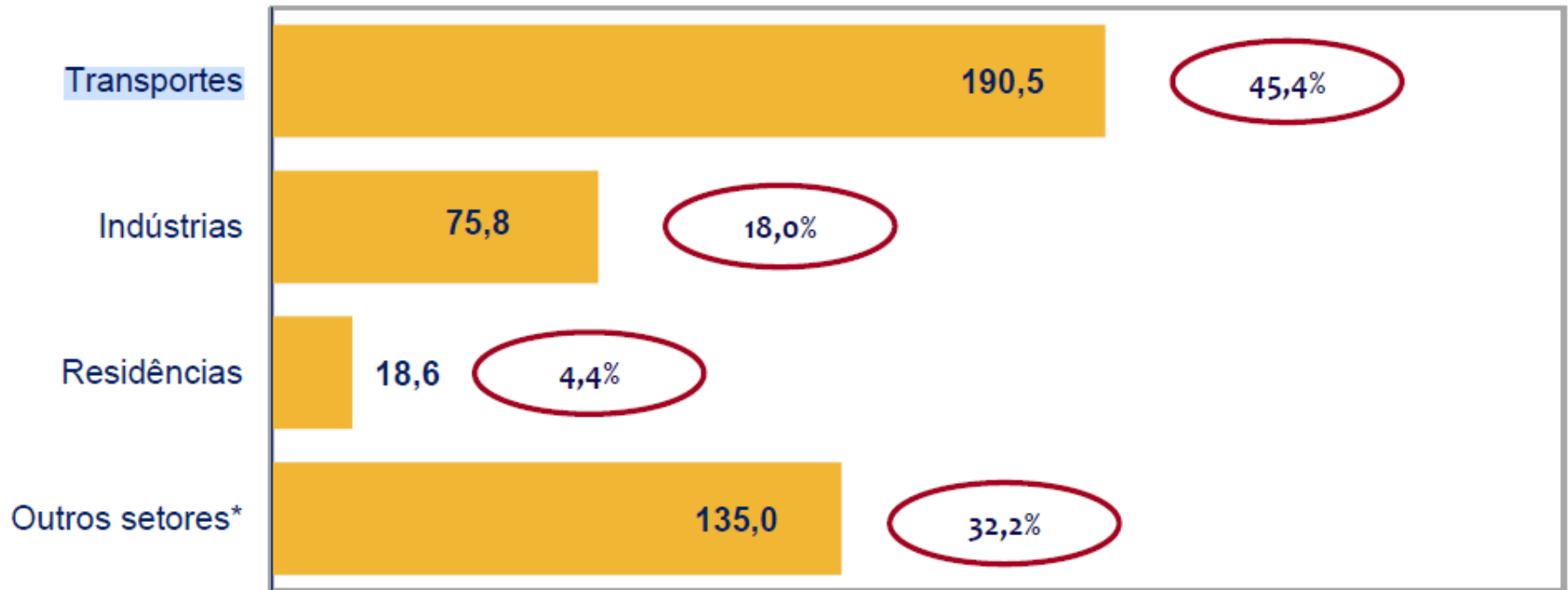
Transporte – fontes (EPE BEN 2020)



Transporte usa somente 25% de renováveis em 2019!

Emissões totais (EPE BEN 2020)

Emissões totais (2019), em Mt CO₂-eq



* inclui os setores agropecuário, serviços, energético, elétrico e as emissões fugitivas

Setor de Transporte é o maior emissor de GEE!
SEEG tem base de dados detalhada

Oportunidade e desafio!

- Oportunidade

- O setor de transportes é o maior emissor GEE
- Usa somente 25% de renováveis
- Eletrificação dos transportes tem grande impacto nas emissões GEE pois EE usa 83% de renováveis

- Desafio

- O setor de transporte é maior que o de EE!
- Conseguiremos ampliar a oferta de energia elétrica e manter a alta participação de renováveis?
- Resposta depende de questões econômicas, políticas e técnicas.

Oportunidade e desafio!

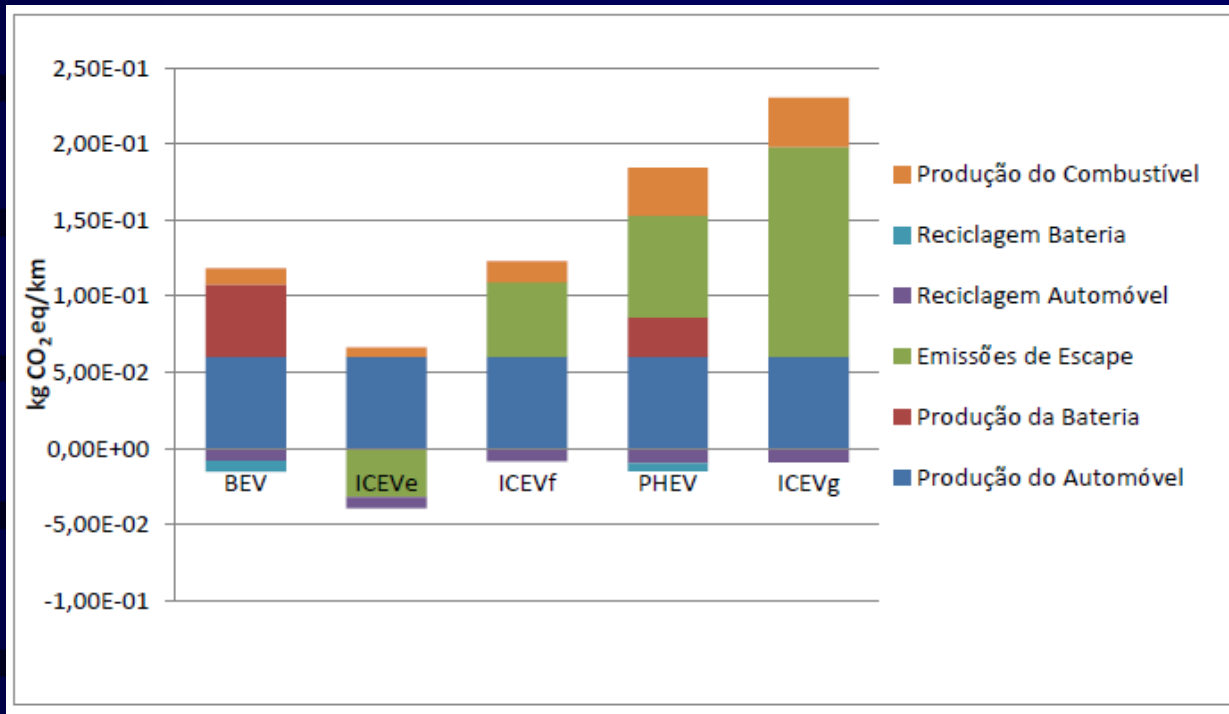
- Oportunidade

- O setor de transportes é o maior emissor GEE
- Usa somente 25% de renováveis
- Eletrificação dos transportes tem grande impacto nas emissões GEE pois EE usa 83% de renováveis

- Desafio

- O setor de transporte é maior que o de EE!
- Conseguiremos ampliar a oferta de energia elétrica e manter a alta participação de renováveis?
- Resposta depende de questões econômicas, políticas e técnicas.

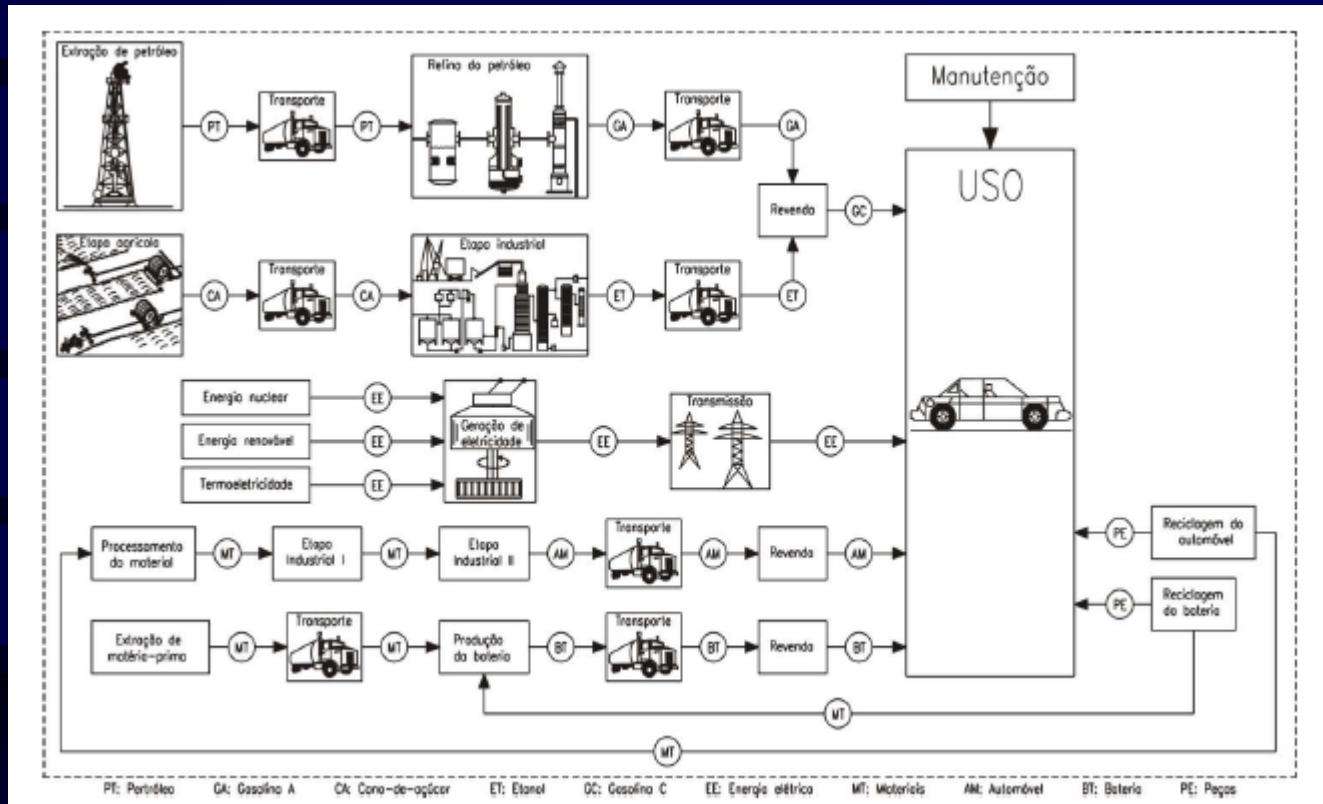
Emissão de GEE por veículos leves



- Análise feita para veículos leves por Lidiane Souza em 2015 com matriz elétrica brasileira
- Tem diferenças para veículos pesados com números melhores para ICEV diesel
- O VE com baterias apresenta redução pela metade de GEE em relação ao ICEV a gasolina
- O ICEVe etanol apresentou os melhores resultados . Há controvérsias.

O TCO e o ciclo de vida

- Decidir a melhor rota tecnológica é complexo



Fonte: Lidiane Souza, 2015

- Análise pode considerar do berço ao túmulo, do poço à roda ou somente do tanque à roda.

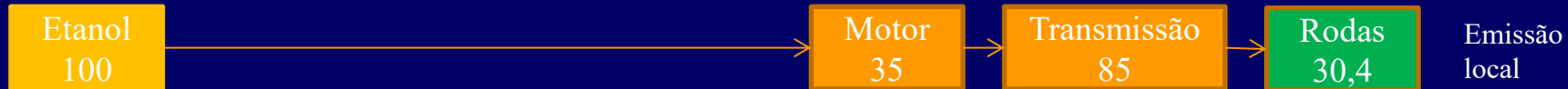
Rotas para eletrificação

- Eficiência das máquinas elétricas $> 85 \%$ e ainda aumentando (ICE é $\sim 35 \%$). Como embarcar?
- Armazenamento de energia em baterias com uso direto da energia elétrica
 - Li-ion, tecnologia em operação comercial
 - Sódio: Temperatura mais alta, melhor para pesados
- Uso do hidrogênio e célula de combustível para conversão em eletricidade
 - Tipo PEMFC e H₂ puro
 - Tipo SOFC e etanol + reformador embarcado

Eficiência do powertrain

Análise somente do tanque à roda! Durante o uso.

ICEV Etanol



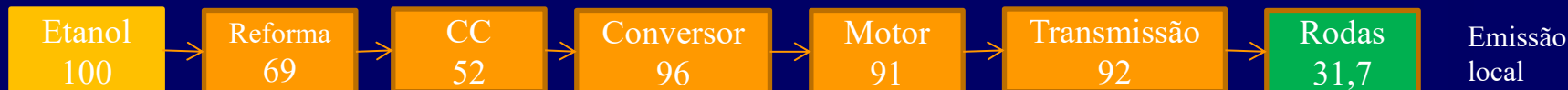
BEV Li-Ion



FCEV H₂



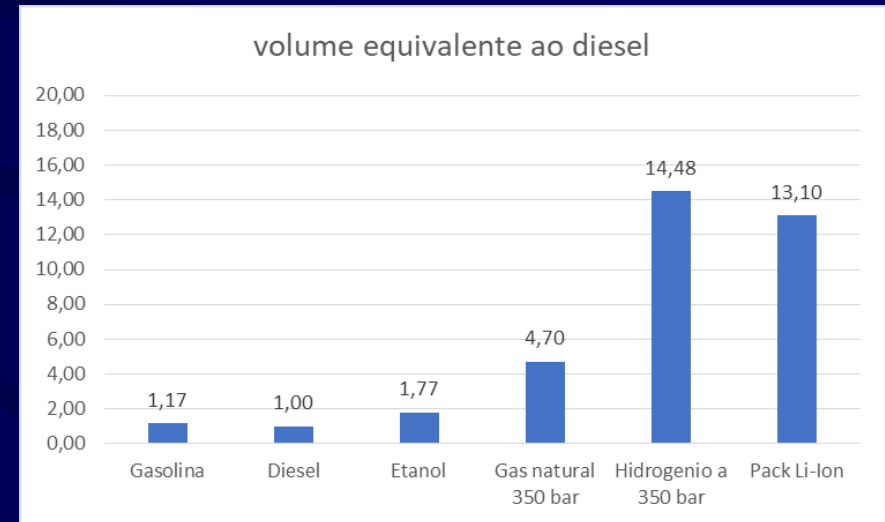
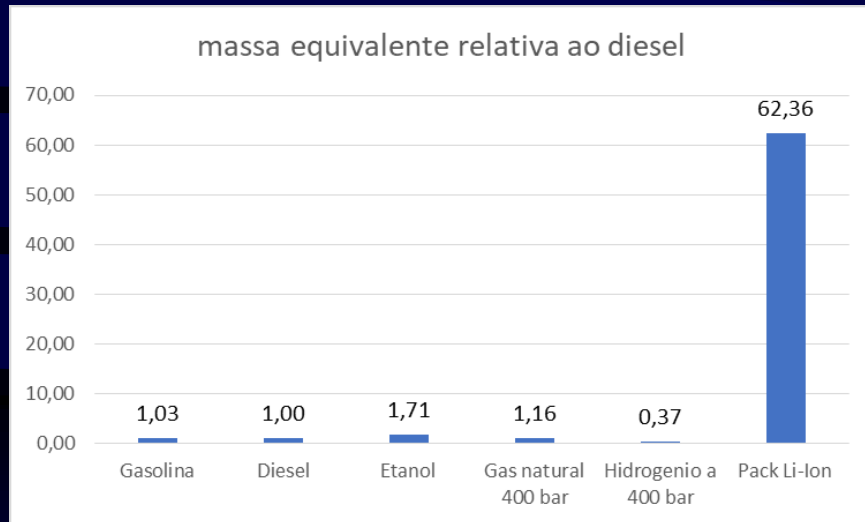
FCEV Etanol



Fonte: Li, 2016; Camargo, 2006

Indicadores de combustíveis

Comparação de massas e volumes entre combustíveis, incluindo armazenamento em bateria Li-Ion (LiCo)



Fonte: BEM 2020; Argonne 2010, Masias 2021

Segurança do fornecimento

- Componentes / insumos raros que trazem riscos.
- Baterias
 - Li-Ion: Lítio e cobalto
 - Sódio: Nenhum importante
- Células PEMFC
 - Platina
- Células SOFC
 - Nenhum importante
- Combustíveis
 - Petróleo : problemas geopolíticos conhecidos
 - Etanol : Disponibilidade limitada
 - H₂ : Ampla disponibilidade, problema extração

Conclusões

- Tecnologias ainda em estágio de maturação, oportunidades e desafios
- Matriz energética brasileira é atípica, nossa engenharia pode contribuir com soluções locais
- Saída da crise sanitária COVID19 traz mudanças de perfil: redução mobilidade de pessoas (trabalho remoto) e aumento de cargas urbanas
- Setor de transporte tem alto impacto, veículos de carga e ônibus apresentam oportunidades
- Geração de hidrogênio energético é desafio
- E o etanol? Poderá ter uso expandido?

Obrigado pela atenção!

Mário Leite Pereira Filho
mleite@ipt.br



Seu desafio é nosso!