

Mobilidade urbana: desafios da transição energéticos

Mario Leite Pereira Filho

*Palestra on-loine apresentada no WEBINAR SUSTENTABILIDADE:
A ENERGIA DE TRAÇÃO ELÉTRICA UTILIZADA NA MOBILIDADE
URBANA COMO ALTERNATIVA AOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS,
2021, São Paulo*

A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.

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

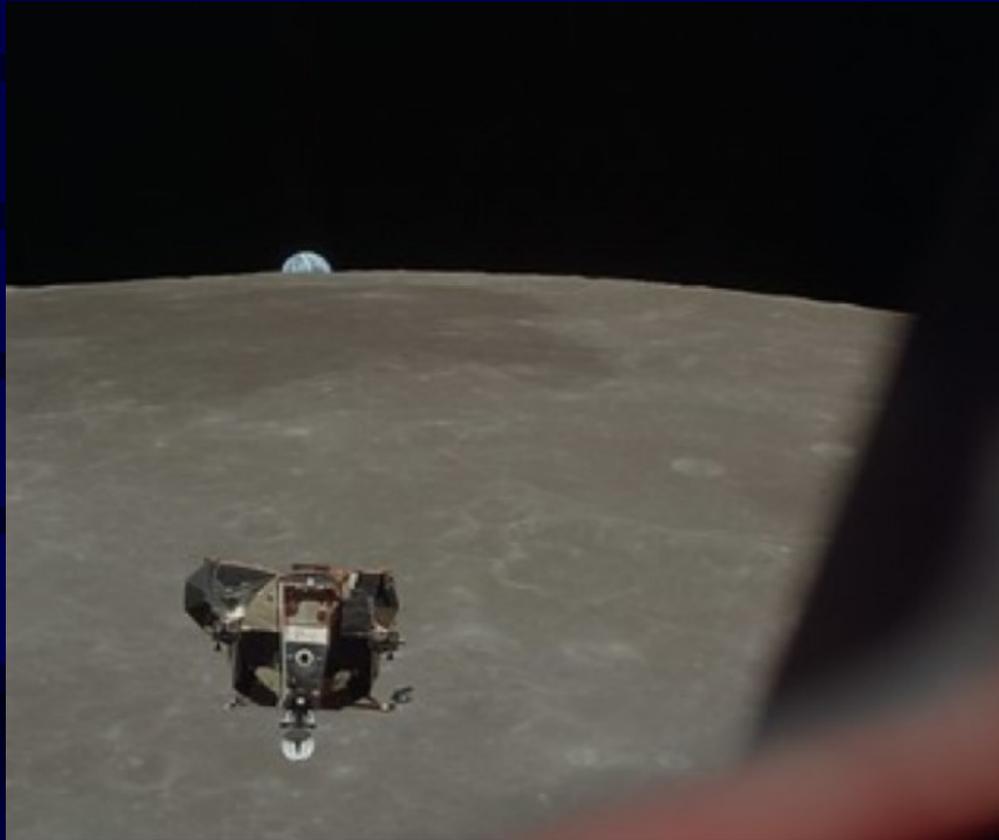
O efeito estufa e sua redução

- 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%

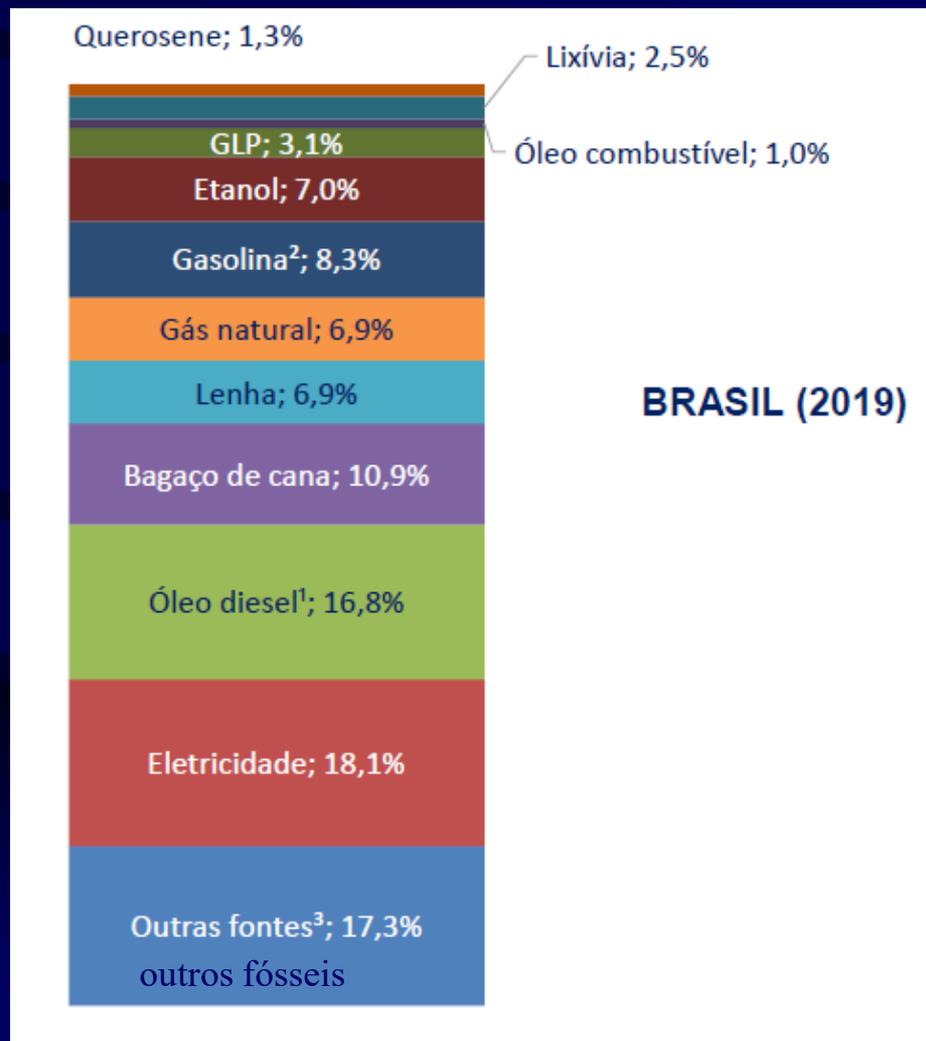


Outras não renováveis
0,6%

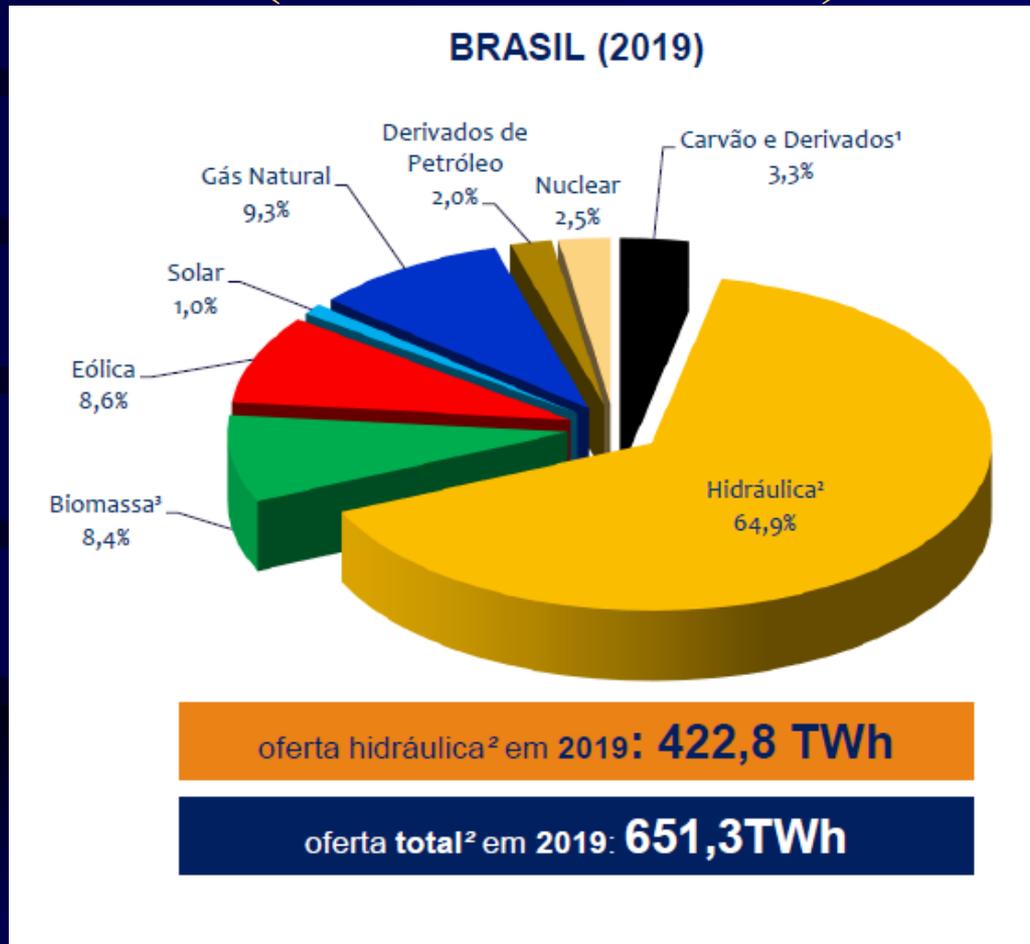
¹ Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica

- 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)



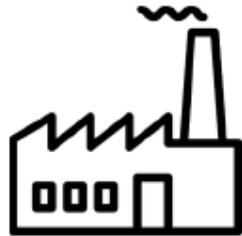
83% de renováveis!! Energia elétrica não é uma fonte primária. Qual fonte?

Uso de energia total (EPE BEN 2020)

Transportes
32,7%



Indústrias
30,4%



Setor Energético
11,2%



Residências
10,3%



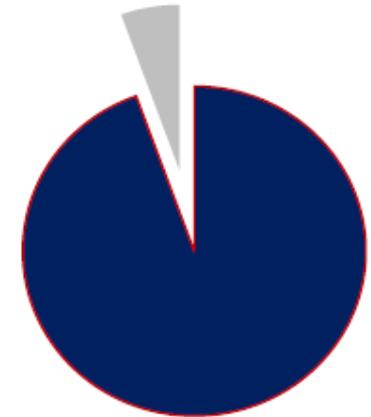
Serviços
5,1%



Agropecuária
4,9%



Uso não energético
5,5%

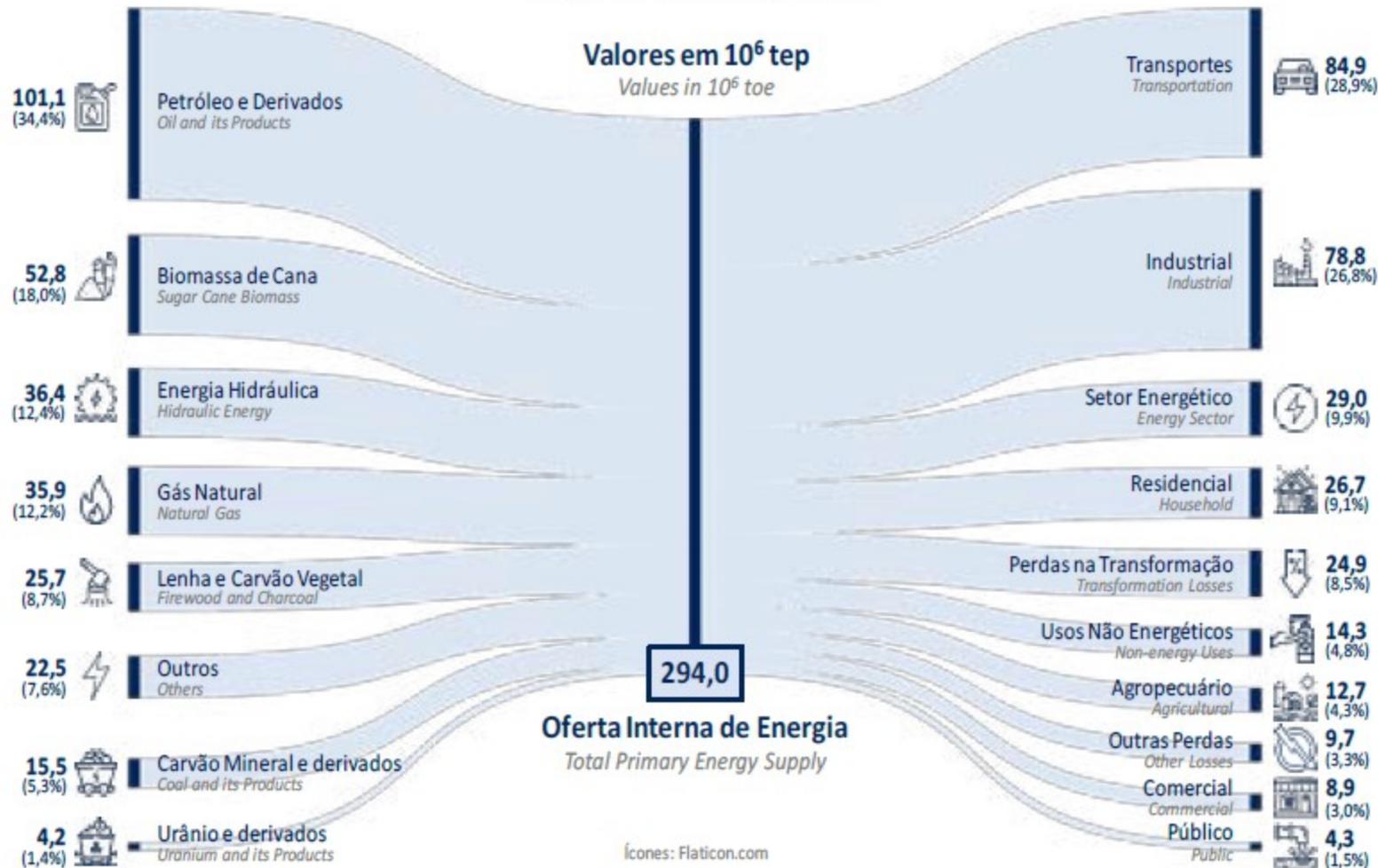


Transporte de cargas e pessoas é o setor de maior consumo

Fluxo de Energia

Fluxo Energético – BEN 2020 | ano base 2019

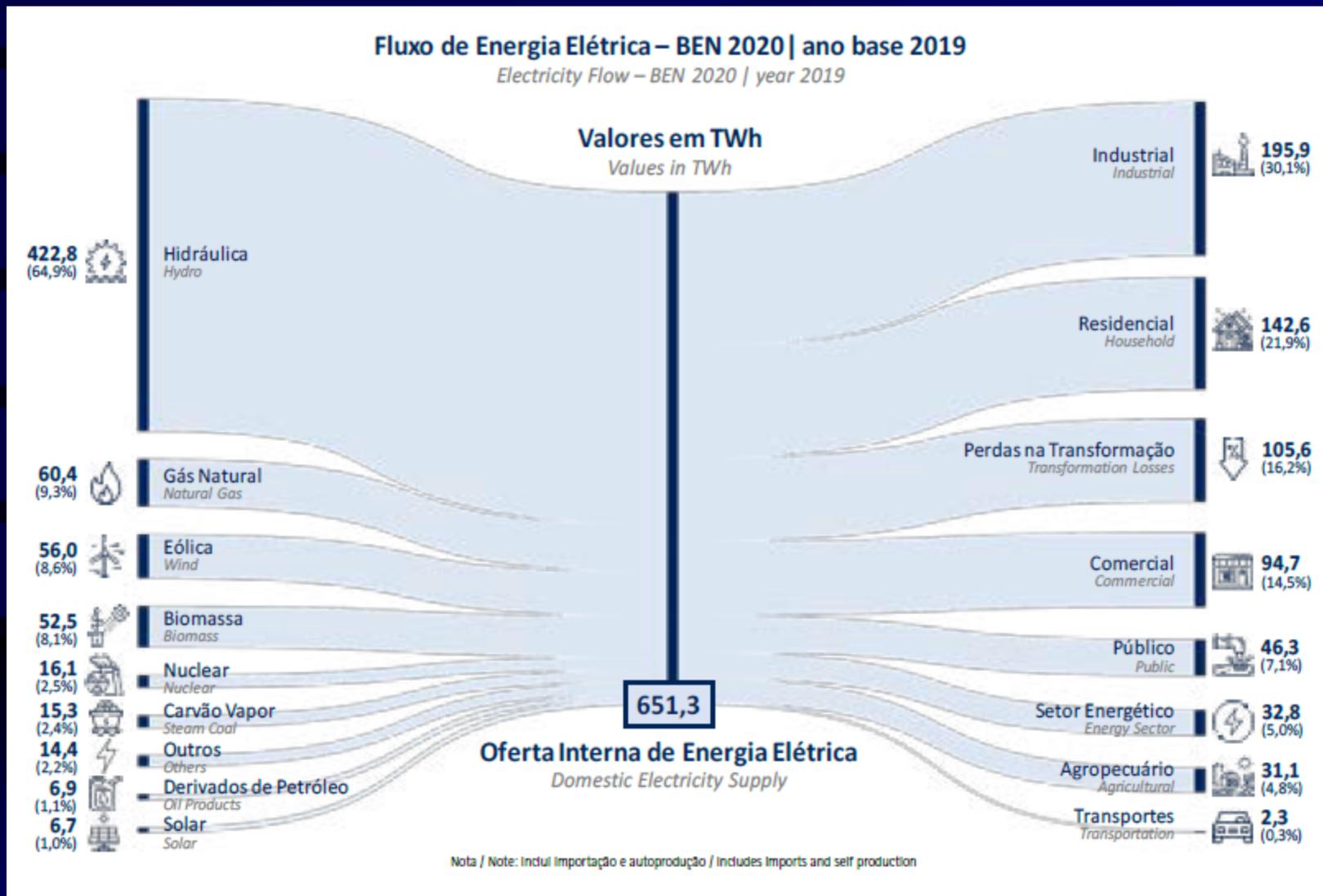
Energy Flow – BEN 2020 | year 2019



Nota / Note: Os percentuais foram calculados com base na Oferta Total Interna / Percentage were calculated based on Gross Domestic Supply

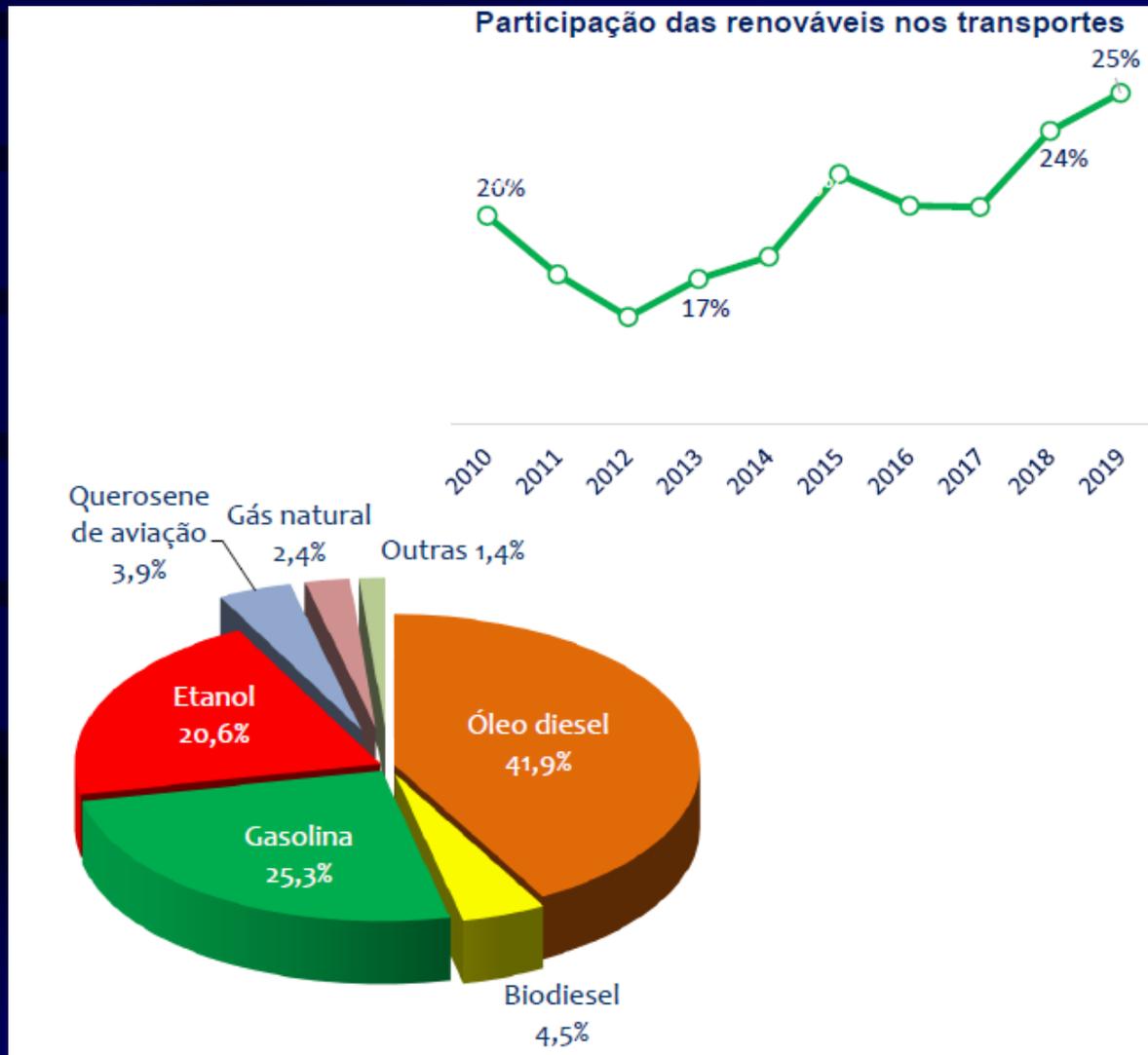
Transporte de cargas e pessoas é o setor de maior consumo

Fluxo de Energia Elétrica



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

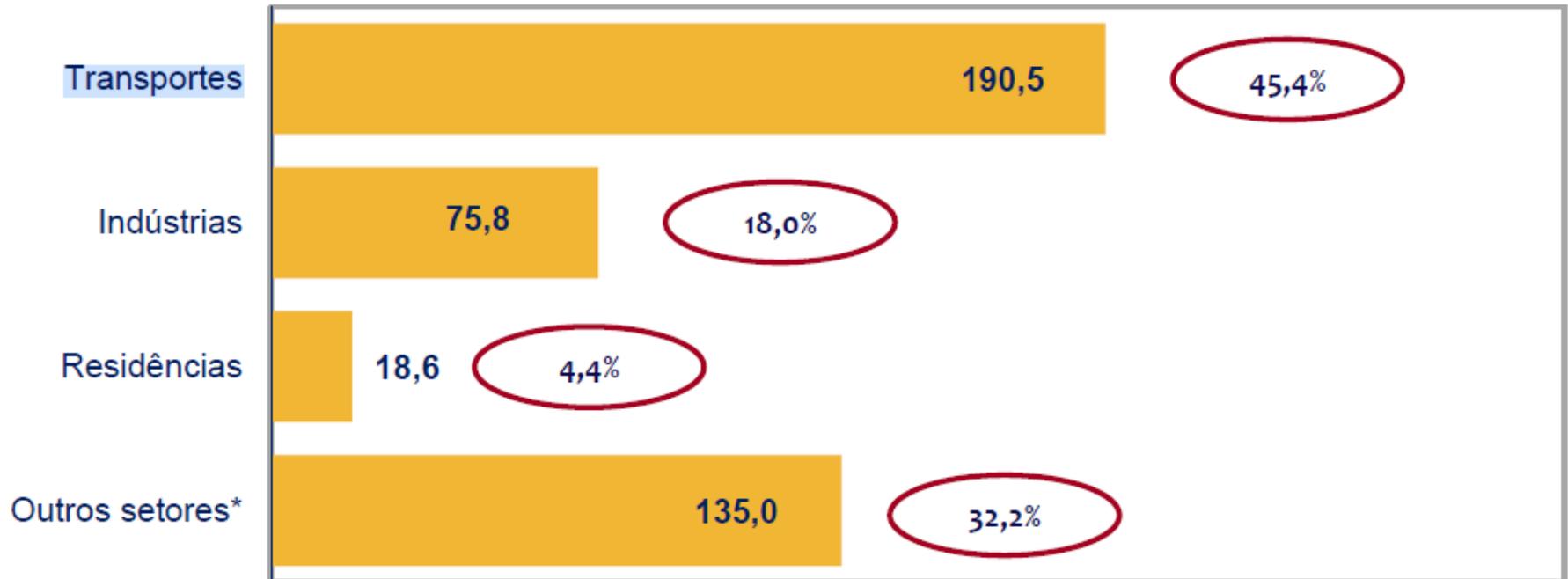
Transporte – fontes (EPE BEN 2020)



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!

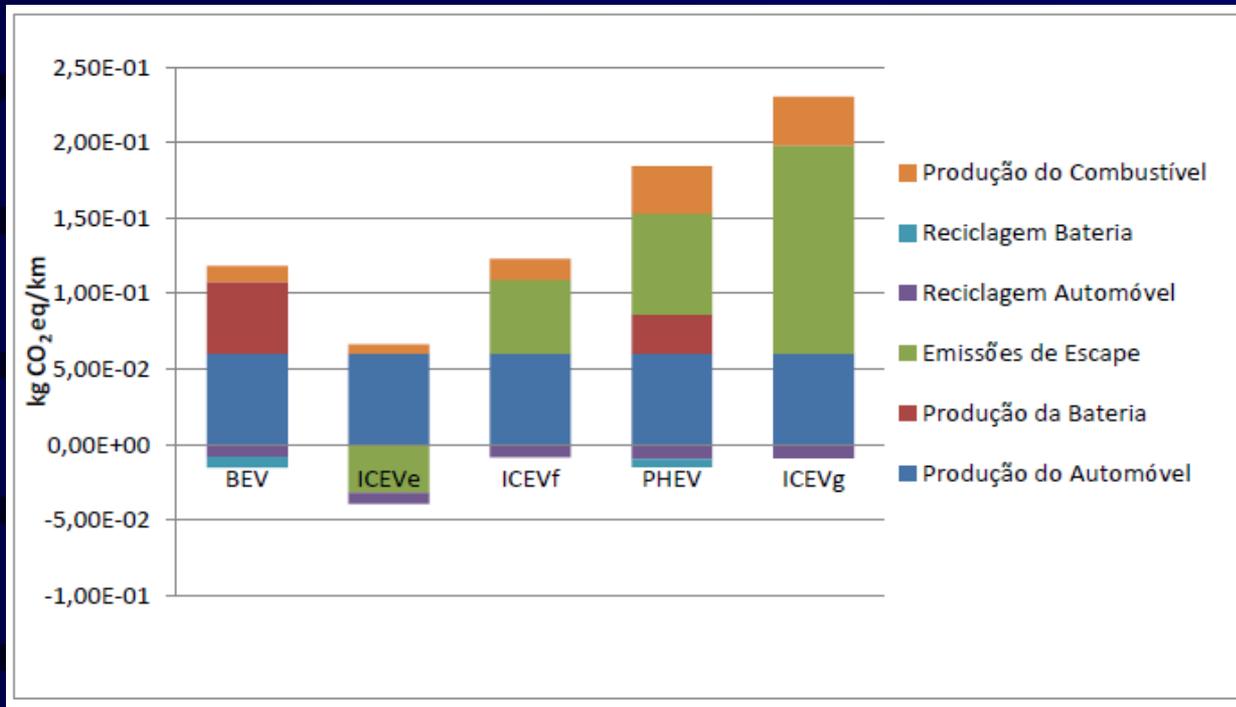
- Oportunidade

- 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.

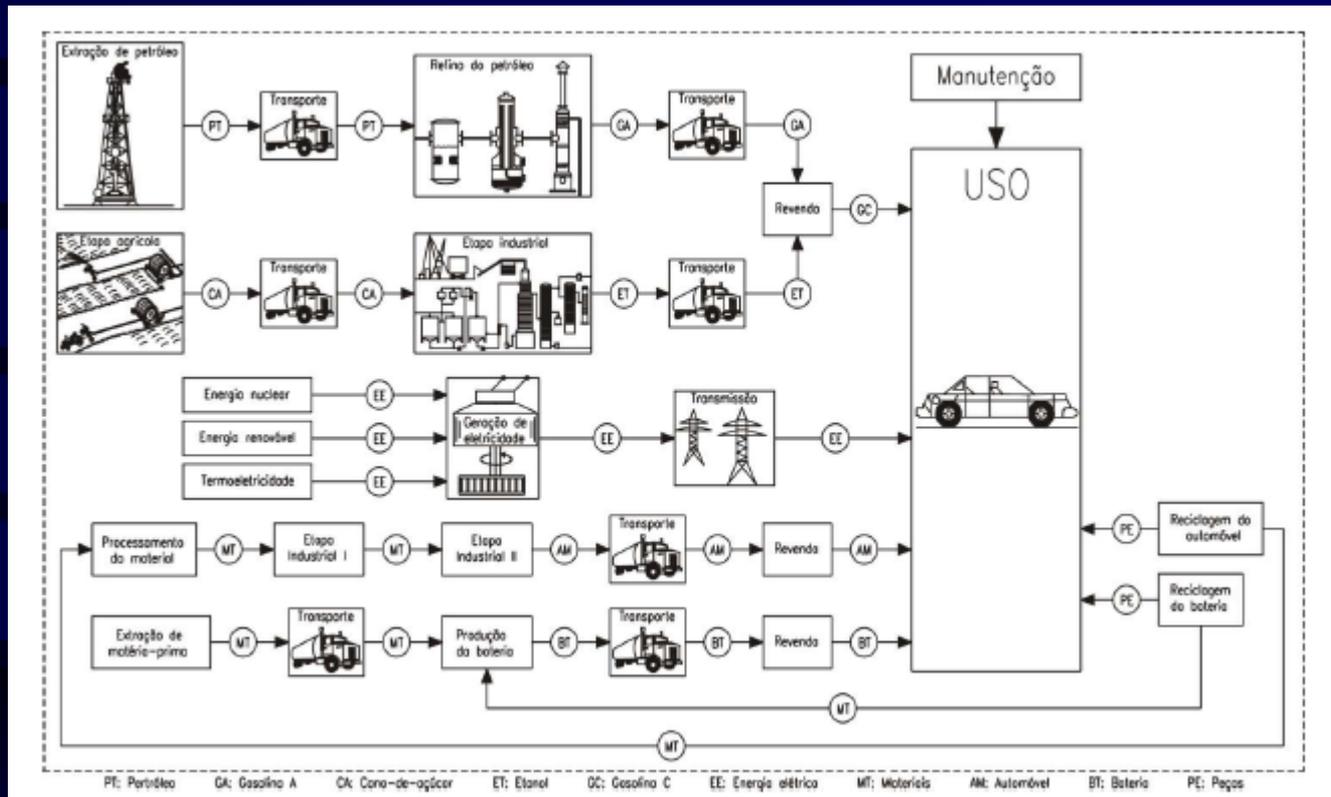
Emissão de GEE por veículos leves



- 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



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

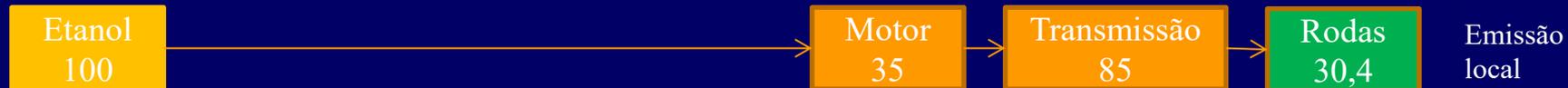
Rotas para eletrificação

- 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



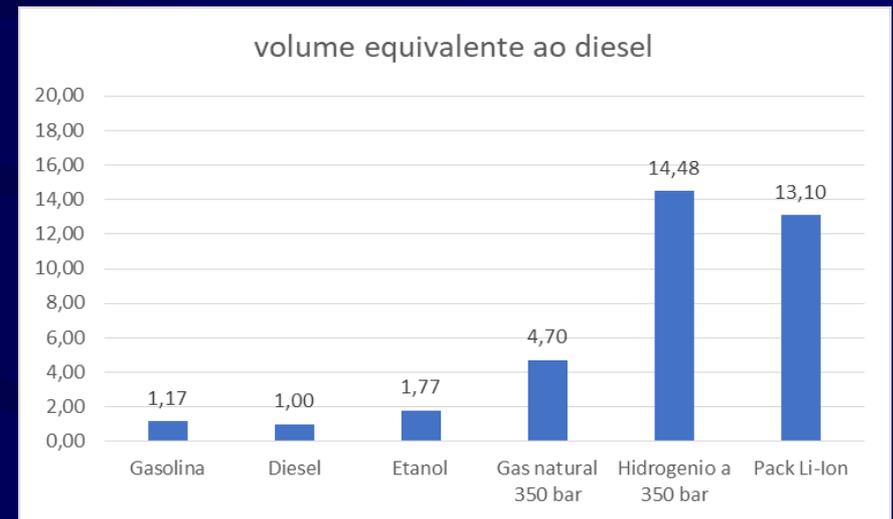
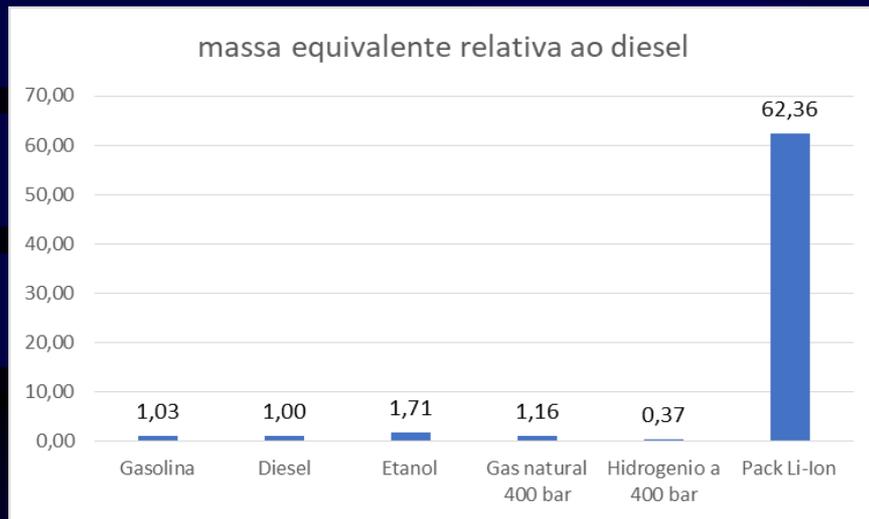
FCEV Etanol



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!