

VE Latino Americano  
9º Salão Latino Americano de Veículos Elétricos, Componentes e  
Novas Tecnologias  
10 a 12 de Setembro de 2013 Expo Center Norte – São Paulo

Análise Energética do Setor de Transporte e Justificativas em  
Prol da Utilização do Veículo Elétrico.

Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ  
Faculdade de Engenharia.  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Laboratório de Sistemas de Propulsão Veicular e Fontes Eletroquímicas - LSPV  
Grupo de Estudos de Veículos Elétricos – GRUVE.

Ranther Ferreira de Melo – Estudante de Graduação da UERJ  
André Rodrigues Krempser – Estudante de Graduação da UERJ  
Luiz Artur Pecorelli Peres – Professor Orientador da UERJ

#### Resumo

Atuam neste projeto o Laboratório de Sistemas de Propulsão Veicular e Fontes Eletroquímicas - LSPV, coordenado pelo Professor Adjunto Luiz Artur Pecorelli Peres da Faculdade de Engenharia, e o Laboratório de Políticas Públicas - LAPPJUS, tendo como líder o Professor Titular José Marcos Domingues de Oliveira da Faculdade de Direito. Esta parceria decorre da lei automotiva no Brasil estar desatualizada uma vez que não incorporou os sistemas de tração rodoviária elétricos que inclusive já são plenamente comercializados em diversos países. Ademais, de forma incoerente, considera os impostos incidentes sobre a produção, comercialização e licenciamento de veículos elétricos, na sua totalidade, sejam bem maiores que aqueles para veículos a combustão interna apesar da sua pouca eficiência. Assim a missão do LSPV nesta parceria com o LAPPJUS é identificar os fundamentos e justificativas de caráter tecnológico para que sejam elaboradas propostas com base jurídica que induzam o desenvolvimento da tecnologia veicular

elétrica no país. É importante destacar que o setor de transporte no Brasil concentra-se excessivamente no modo rodoviário que utiliza de maneira majoritária os veículos baseados em combustão interna. Cerca de 80% da população vive em centros urbanos e em decorrência as emissões atmosféricas destas fontes móveis nestas áreas provocam danos consideráveis à qualidade do ar com repercussões de alto custo para sociedade. O enfrentamento deste problema está relacionado à busca de uma maior eficiência energética no transporte. Neste sentido, a tecnologia veicular elétrica se mostra bem atrativa para uma mudança deste cenário mediante a introdução de políticas públicas, conforme demonstrado neste trabalho.

#### Agradecimento:

Os autores manifestam seu agradecimento à Ampla Energia e Serviços S.A., no âmbito do projeto de P&D/ANELL Desenvolvimento de Rede de Abastecimento de Veículos Elétricos para a Cidade Inteligente Búzios, pelo apoio para apresentação deste trabalho.

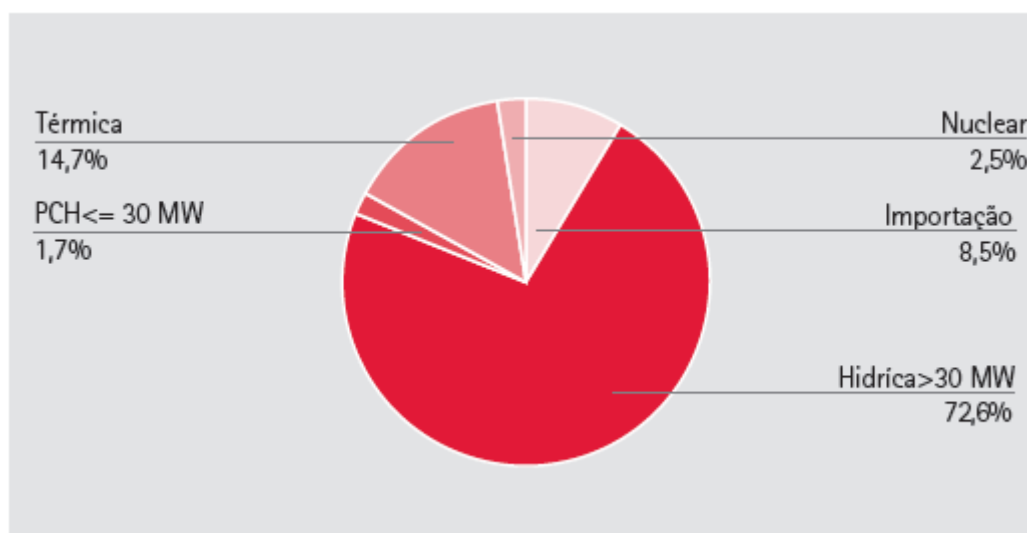
## Argumentação com Base na Matriz Energética do Brasil

Os itens em seguida apresentam por meio de figuras a estrutura da matriz energética tendo como base o Balanço Energético Nacional. A evolução dos dados apresentados não sofreu modificações significativas para a argumentação pretendida e a utilização destes dados se deve principalmente a forma didática com que foram apresentados na documentação de referência utilizada.

### 1. Matriz Energética:

#### 1.1 Energia Elétrica

Figura 1 - Estrutura da Oferta Interna Segundo a Natureza da Fonte Primária de Geração de Energia Elétrica - Brasil 2007



Fonte: Balanço Energético Nacional 2008 ano base 2007, página 13.  
Empresa de Pesquisa Energética – EPE / Ministério de Minas e Energia – MME.

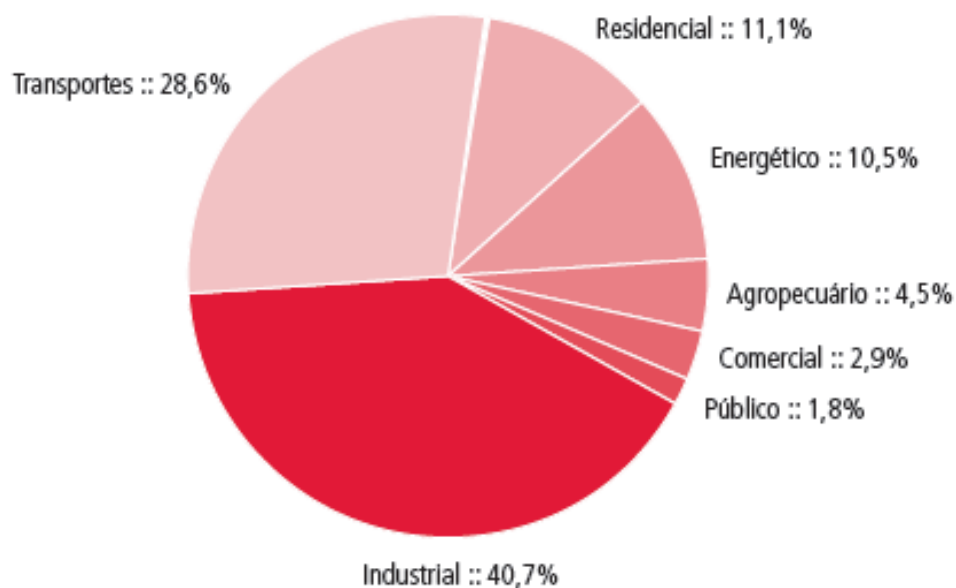
#### 1.2.1 Análise da Figura 1:

As parcelas referentes à Importação e PCH, no Gráfico I referem-se basicamente à Itaipu Binacional e às Pequenas Centrais Hidroelétricas totalizando portanto, 82,8% (72,6 + 8,5 + 1,7) oferta de energia de origem hidráulica no país. Portanto, isto confere ao Brasil uma matriz energética promissora e privilegiada para a utilização da energia elétrica no setor de transportes tendo em vista o caráter majoritário das fontes primárias serem renováveis. A evolução deste quadro não sofre alterações apreciáveis em médio e longo prazo, visto o enorme potencial das bacias hidrográficas existentes, o mesmo acontecendo nas formas solar e eólica. Assim, o

reabastecimento de veículos elétricos na cadeia de produção de eletricidade brasileira apresenta desde a sua origem até o seu destino final baixa emissão de dióxido de carbono o que confere um fator de mérito positivo para esta modalidade de transporte tendo em vista a diminuição dos impactos sobre as mudanças climáticas.

## 1.2 Participação dos Setores no Consumo

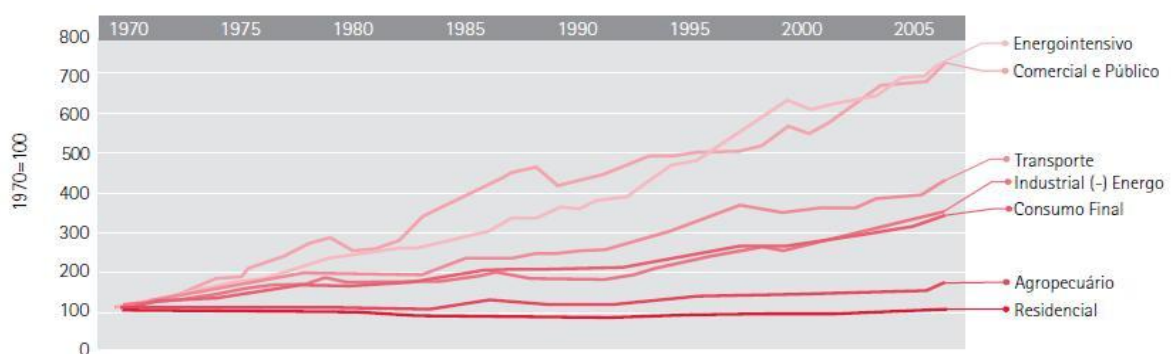
Figura 2 - Participação dos Setores no Consumo Final Energético do Brasil 2007



Fonte: Balanço Energético Nacional 2008 ano base 2007 sumário executivo, página 13.  
 Empresa de Pesquisa Energética – EPE / Ministério de Minas e Energia – MME.

## Figura 3 - Consumo Final de Energia

Evolução Relativa dos Consumos Setoriais - Brasil 1970 a 2007



1 Índice 100 equivale ao ano base 1970.

Fonte: Balanço Energético Nacional 2008 ano base 2007, página 27  
 Empresa de Pesquisa Energética – EPE / Ministério de Minas e Energia – MME.

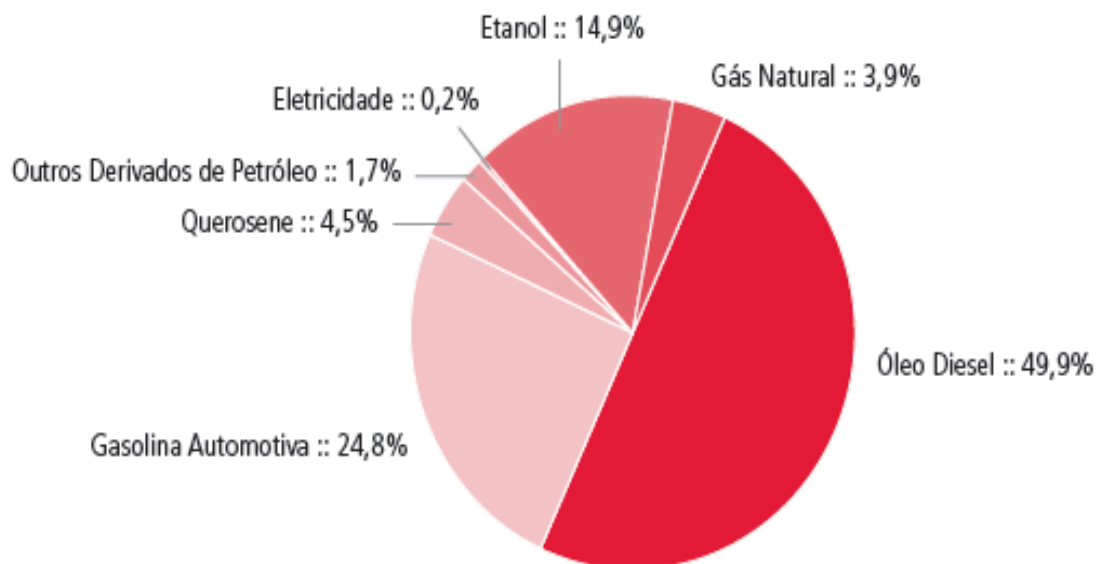
### 1.2.1 Análise das Figuras 2 e 3:

O gráfico da Figura 2 demonstra a importância do setor de Transportes no Brasil em termos da energia total consumida no país. Desta maneira, 28,6% se destina a este setor que somente é ultrapassado pelo Industrial com 40,7%. Constata-se assim, um potencial imenso de aplicação de processos de tração mais eficientes seja pelo aprimoramento das formas tradicionais seja pela introdução de processos que incluam a tecnologia veicular elétrica. Nestes termos, a redução de consumo de energia a ser conseguida representa menor consumo de combustíveis e a conseqüente menor emissão dos gases de efeito estufa conduzindo a atenuação dos impactos decorrentes das mudanças climáticas.

O gráfico da Figura 3 apresenta a evolução relativa do consumo de energia por setores no Brasil. Verifica-se que o setor de transporte sobressai apresentando uma tendência permanentemente em crescimento tomando-se o ano de 1970 como referência. A acentuada utilização do modo rodoviário por este setor que tem como fonte principal de energia para tração derivados do petróleo reforça a necessidade de mudança para a qual visualiza-se o emprego dos veículos elétricos.

### 1.3 Estrutura do Consumo do Setor de Transportes

Figura 4 - Estrutura do Consumo do Setor de Transportes. Brasil - 2007



Fonte: Fonte: Balanço Energético Nacional 2008 ano base 2007 sumário executivo, página 25.  
Empresa de Pesquisa Energética – EPE / Ministério de Minas e Energia – MME.

### 1.3.1 Análise da Figura 4:

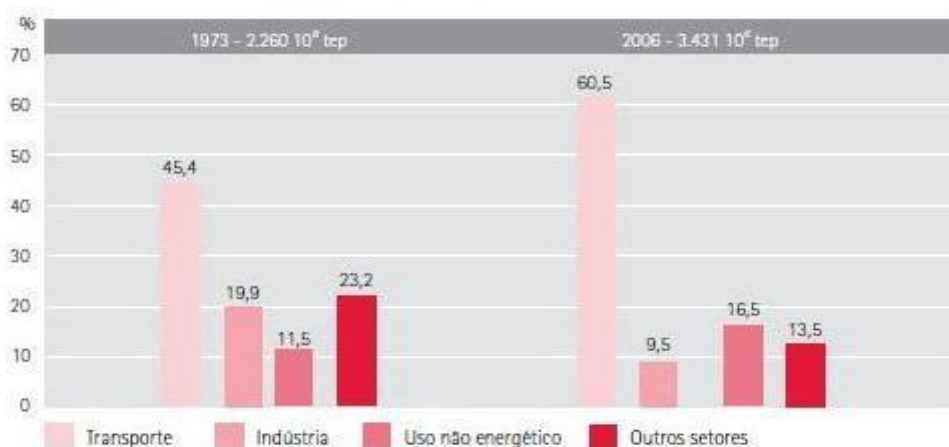
O gráfico da Figura 4 demonstra que para reabastecer as frotas existentes dos diversos tipos de veículos no Brasil a principal fonte de energia utilizada pelo setor de transportes são os combustíveis fósseis que representam 79,4% do total, conforme as parcelas indicadas a seguir.

- O Óleo Diesel com 49,9%.
- A Gasolina Automotiva, que mesmo excluindo a parcela de AEAC (álcool etílico anidro carburante), estimada em 20% ainda assim, resulta para a Gasolina, exclusivamente fóssil, cerca de 19,4%.
- O Gás Natural Veicular com 3,9%
- O Querosene com 4,5%
- Outros Derivados do Petróleo com 1,7%
- Total Geral: 79,4%

É irrisória a parcela de energia elétrica (0,2%), utilizada pelo setor de transportes no Brasil. Contrapõe-se de forma muito intensa o fato de que o Brasil dispondo de uma capacidade de produção de energia elétrica altamente renovável não a utiliza no setor de transportes, indicando a possibilidade de aumentar a eficiência energética deste setor. Adicionalmente, a alteração deste quadro através de uma intensificação da eletricidade nos meios de transporte permite uma diminuição dos impactos provenientes das mudanças climáticas.

### 1.4 Consumo Setorial de Derivados do Petróleo e de Eletricidade

Figura 5 - Consumo Setorial do Petróleo 1973 e 2008 ( $10^6$  tep)



Fonte: Balanço Energético Nacional 2008 ano base 2007, página 131  
Empresa de Pesquisa Energética – EPE / Ministério de Minas e Energia – MME.

Figura 6 - Consumo Setorial de Eletricidade 1973 e 2008 (10<sup>6</sup> tep)



Fonte: Balanço Energético Nacional 2008 ano base 2007, página 131  
Empresa de Pesquisa Energética – EPE / Ministério de Minas e Energia – MME.

### 1.3.1 Análise das Figuras 5 e 6:

O gráfico da Figura 5 mostra que a participação dos derivados do petróleo no setor de transporte elevou-se de 45,4% em 1973 para 60,5% em 2006, representando um crescimento de 33%, considerando-se quatro seguimentos setoriais. Ao contrário, o gráfico da Figura 6 indica que a participação da eletricidade no setor de transporte que é baixo caiu de 2,4% para 1,7%, isto é, um decréscimo de 29%, considerando-se três seguimentos setoriais. Estas Figuras refletem de forma significativa as argumentações favoráveis à inserção da tecnologia veicular elétrica na matriz de transporte em prol da eficiência energética e do meio ambiente.

## Argumentação com Base nas Emissões Atmosféricas do Setor de Transporte.

Este item caracteriza as emissões decorrentes do setor de transporte que no Brasil é praticamente majoritário, ou seja, mais de 90% concentrado no modal rodoviário à combustão interna de baixa eficiência energética decorrendo deste fato emissões que poderão ser evitadas com o advento da tecnologia veicular elétrica. Ao contrário dos textos atuais em que as estatísticas do setor de transporte e automotivo enfatizam apenas gases de efeito estufa, este texto apresenta as emissões de poluentes legislados que vêm deteriorando cada vez mais a qualidade do ar nos centros urbanos, tendo como principal agente os veículos rodoviários.

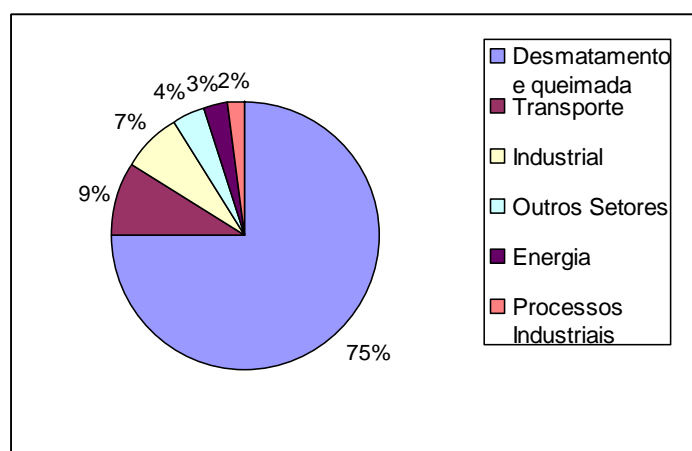
### 2. Emissões de Gases de Efeito Estufa – Brasil

Tabela 2.1: Emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil.

Setor	CO <sub>2</sub> t/ano	Participação (%)
Desmatamento e queimadas	776.331.000	75,00%
Transporte	94.324.000	9,00%
Industrial	74.066.000	7,00%
Outros setores	42.511.000	4,00%
Energia	25.602.000	3,00%
Processos industriais	16.870.000	2,00%
<b>Total</b>	<b>1.029.706.000</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Inventário de emissões, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006.

Gráfico 2.1: Emissões de CO<sub>2</sub> no Brasil.



Fonte: Criação independente baseado no inventário de emissões, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006, através da Confederação Nacional de Transporte – CNT.



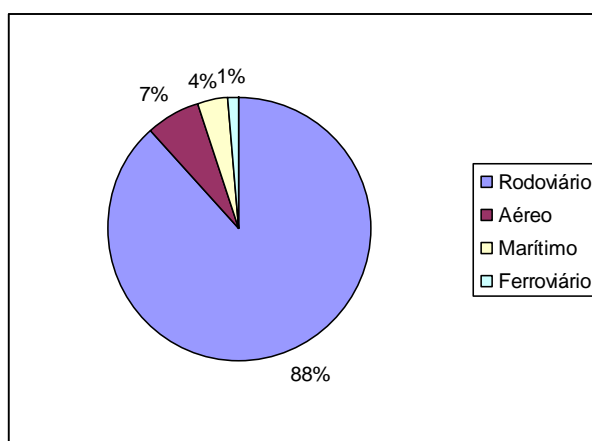
Observa-se que o setor de transporte ocupa a segunda apenas depois do desmatamento e queimada que ainda continuam emitindo bastante CO<sub>2</sub> no país.

Tabela 2.2: Emissões de CO<sub>2</sub> no setor de transporte no Brasil.

Modal	CO2 t/ano	Participação (%)
Rodoviário	83.302.000	88,31%
Aéreo	6.204.000	6,58%
Marítimo	3.558.000	3,77%
Ferroviário	1.260.000	1,34%
<b>Total</b>	<b>94.324.000</b>	<b>100,00%</b>

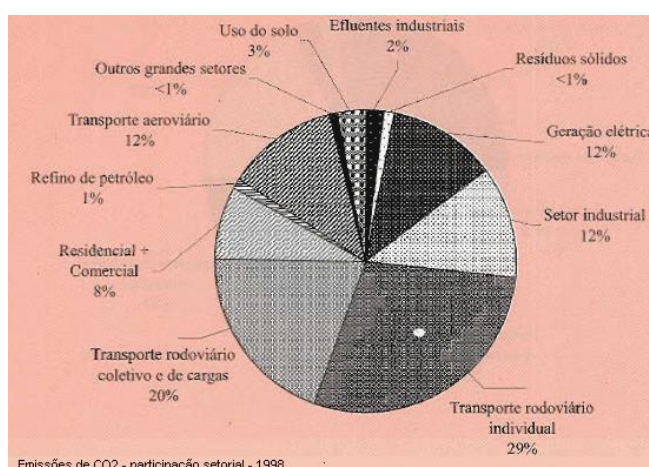
Fonte: Inventário de emissões, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006.

Gráfico 2.2: Emissões de CO<sub>2</sub> no setor de transporte no Brasil.



Fonte: Criação independente baseado no inventário de emissões, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006, através da Confederação Nacional de Transporte – CNT.

Gráfico 2.3: Emissões de CO<sub>2</sub> na Cidade do Rio de Janeiro - Participação setorial



Fonte: Instituto Pereira Passos - Síntese das Emissões da Cidade do Rio de Janeiro: Visão Integrada da contribuição do Metano e do Dióxido de Carbono - 1998.

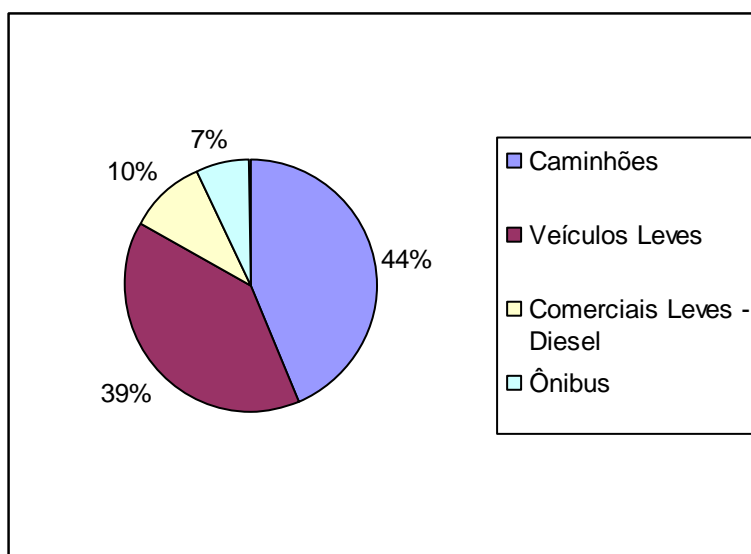
O gráfico 2.3 permite concluir que se forem somados os percentuais de ‘Transporte rodoviário coletivo e de cargas’ (20%) com o de ‘Transporte rodoviário individual’ (29%), tem-se quase 50% das emissões causadas pelo setor de transporte no Rio de Janeiro e esta situação vem se agravando nos últimos anos devido ao aumento da frota. Apesar dos limites impostos pelo PROCONVE, o efeito mencionado e má conservação dos veículos causam piora da qualidade do ar. Este fato é corroborado pela defasagem dos padrões de qualidade do ar conforme estudo realizado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente - IEMA descrito pelo caderno Ciência do jornal O GLOBO de 30/10/2013, página 36. Este estudo assinala *que alguns valores que são usados estão completando 40 anos e não houve revisão e nem se discute o assunto...*

Tabela 2.3: Emissões de CO<sub>2</sub> por veículos no Brasil.

Veículo	CO2 t/ano	Participação (%)
Caminhões	36.652.880	44,00%
Veículos leves	32.487.780	39,00%
Comerciais leves - Diesel	8.330.200	10,00%
Ônibus	5.831.140	7,00%
<b>Total</b>	<b>83.302.000</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Inventário de emissões, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006.

Gráfico 2.4: Emissões de CO<sub>2</sub> por veículos no Brasil.



Fonte: Criação independente baseado no inventário de emissões, Ministério de Ciência e Tecnologia, 2006, através da Confederação Nacional de Transporte – CNT.

O gráfico 2.4 mostra a forte contribuição dos veículos leves e caminhões nas emissões de CO<sub>2</sub>.

## 2.1 Emissões Correspondentes ao Uso de Energia Final no Setor Transportes

As tabelas e gráficos deste item tomaram como base os trabalhos publicados em Economia & Energia ISSN 1518-2932 conforme [http://ecen.com/eee30/s\\_trnsp9.htm](http://ecen.com/eee30/s_trnsp9.htm)

Tabela 2.1.1: Emissões de CO<sub>2</sub> em Gg/ano (t\*10<sup>3</sup>/ano)

	2000	2005	2010	2015	2020
<b>GÁS NATURAL</b>	324	377	604	830	1037
<b>TOTAL PRIMARIA</b>	324	377	604	830	1037
<b>ÓLEO DIESEL</b>	72996	83675	96182	111968	137137
<b>ÓLEO COMBUSTÍVEL</b>	2292	2787	3821	4357	4800
<b>GASOLINA</b>	48032	58132	69629	83143	105564
<b>QUEROSENE</b>	8876	10151	12067	14638	18434
<b>ELETRICIDADE</b>	0	0	0	0	0
<b>ÁLCOOL ETÍLICO</b>	13285	11921	13150	14707	18006
<b>TOTAL SECUNDÁRIA</b>	145481	166666	194850	228812	283941
<b>Total Sem Biomassa</b>	<b>132520</b>	<b>155123</b>	<b>182303</b>	<b>214936</b>	<b>266971</b>
<b>TOTAL</b>	145805	167044	195453	229643	284978

## 2.2 Emissões de Poluentes:

Tabela 2.2.1: Emissões de CO em Gg/ano (t\*10<sup>3</sup>/ano)

	2000	2005	2010	2015	2020
<b>GÁS NATURAL</b>	2.32	2.70	4.32	5.95	7.43
<b>TOTAL PRIMARIA</b>	2.32	2.70	4.32	5.95	7.43
<b>ÓLEO DIESEL</b>	995.50	1141.14	1311.71	1526.99	1870.24
<b>ÓLEO COMBUSTÍVEL</b>	29.93	36.39	49.89	56.88	62.67
<b>GASOLINA</b>	5621.26	6803.28	8148.79	9730.31	12354.23
<b>QUEROSENE</b>	12.54	14.34	17.05	20.68	26.04
<b>ELETRICIDADE</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>ÁLCOOL ETÍLICO</b>	1451.82	1302.75	1437.05	1607.16	1967.77
<b>TOTAL SECUNDÁRIA</b>	8111.05	9297.89	10964.49	12942.02	16280.94
<b>Total Sem Biomassa</b>	<b>6661.54</b>	<b>7997.85</b>	<b>9531.76</b>	<b>11340.81</b>	<b>14320.61</b>
<b>TOTAL</b>	8113.36	9300.60	10968.81	12947.97	16288.37

Tabela 2.2.2 :Emissões de CH<sub>4</sub> em Gg/ano no Setor de Transporte

	2000	2005	2010	2015	2020
<b>GÁS NATURAL</b>	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9
<b>TOTAL PRIMARIA</b>	0.3	0.3	0.5	0.7	0.9
<b>ÓLEO DIESEL</b>	5.0	5.7	6.6	7.6	9.4
<b>ÓLEO COMBUSTÍVEL</b>	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
<b>GASOLINA</b>	13.9	16.9	20.2	24.1	30.6
<b>QUEROSENE</b>	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
<b>ELETRICIDADE</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>ÁLCOOL ETÍLICO</b>	64.7	58.1	64.1	71.7	87.8
<b>TOTAL SECUNDÁRIA</b>	83.9	80.9	91.2	103.8	128.2
<b>TOTAL</b>	84.2	81.3	91.7	104.6	129.1

Tabela 2.2.3: Emissões de NO<sub>x</sub> em Gg/ano (t\*10<sup>3</sup>/ano) no Setor de Transporte

	2000	2005	2010	2015	2020
<b>GÁS NATURAL</b>	3.5	4.1	6.5	8.9	11.1
<b>TOTAL PRIMARIA</b>	3.5	4.1	6.5	8.9	11.1
<b>ÓLEO DIESEL</b>	811.5	930.2	1069.3	1244.8	1524.6
<b>ÓLEO COMBUSTÍVEL</b>	44.9	54.6	74.8	85.3	94.0
<b>GASOLINA</b>	419.2	507.3	607.7	725.6	921.3
<b>QUEROSENE</b>	37.6	43.0	51.1	62.0	78.1
<b>ELETRICIDADE</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>ÁLCOOL ETÍLICO</b>	103.8	93.1	102.7	114.9	140.7
<b>TOTAL SECUNDÁRIA</b>	1417.0	1628.3	1905.7	2232.6	2758.7
<b>TOTAL</b>	1420.5	1632.4	1912.2	2241.6	2769.8

Tabela 2.2.4: Emissões de N<sub>2</sub>O em Gg/ano (t\*10<sup>3</sup>/ano) no Setor Transportes

	2000	2005	2010	2015	2020
<b>GÁS NATURAL</b>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
<b>TOTAL PRIMARIA</b>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
<b>ÓLEO DIESEL</b>	0.597	0.685	0.787	0.916	1.122
<b>ÓLEO COMBUSTÍVEL</b>	0.018	0.022	0.030	0.034	0.038
<b>GASOLINA</b>	0.424	0.513	0.615	0.734	0.932
<b>QUEROSENE</b>	0.251	0.287	0.341	0.414	0.521
<b>ELETRICIDADE</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>ÁLCOOL ETÍLICO</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>TOTAL SECUNDÁRIA</b>	1.290	1.507	1.773	2.098	2.613
<b>TOTAL</b>	1.291	1.507	1.774	2.100	2.615

Observações relativas aos gráficos apresentados:

Total Primária – Energia Primária Total usada nos cálculos.

As fontes primárias de energia são os produtos providos pela natureza na sua forma direta, como o petróleo, gás natural, carvão mineral, energia hidráulica, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica etc.

Total Secundária – Energia Secundária Total usada nos cálculos.

As fontes secundárias de energia são: óleo diesel, óleo combustível, gasolina automotiva e de aviação, GLP, nafta, querosene, gás natural, gás manufacturado, coque de carvão mineral, urânio contido no  $UO_2$ , eletricidade, carvão vegetal, álcool etílico entre outras.

Referências Bibliográficas:

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil) - Balanço Energético Nacional 2008: Ano base 2007 – Rio de Janeiro : EPE, 2008.

[http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageId=17726](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=17726)

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil) - Balanço Energético Nacional 2008: Ano base 2007 sumário executivo – Rio de Janeiro : EPE, 2008.

[http://www.mme.gov.br/site/menu/select\\_main\\_menu\\_item.do?channelId=1432&pageId=17726](http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=17726)

PECORELLI PERES, Luiz A., Veículos Elétricos: Benefícios Ambientais e Energéticos, CD, Rio de Janeiro: Associação Cultural e de Pesquisas Noel Rosa, 2003. ISBN: 85-89640-01-9.

[http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/cursos\\_seminarios/inventario\\_gee\\_sp/downloads/vanderlei.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/cursos_seminarios/inventario_gee_sp/downloads/vanderlei.pdf)

[http://www.cnt.org.br/arquivos/downloads/despoluir/BOLETIM\\_DESPOLUIR.pdf](http://www.cnt.org.br/arquivos/downloads/despoluir/BOLETIM_DESPOLUIR.pdf)

[http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/cursos\\_seminarios/inventario\\_gee\\_sp/downloads/vanderlei.pdf](http://homologa.ambiente.sp.gov.br/biogas/cursos_seminarios/inventario_gee_sp/downloads/vanderlei.pdf)

[http://portalgeo.rio.rj.gov.br/protocolo/pcontrole/documentos/capitulo7\\_8.Pdf](http://portalgeo.rio.rj.gov.br/protocolo/pcontrole/documentos/capitulo7_8.Pdf)

[http://ecen.com/eee30/s\\_trnsp9.htm](http://ecen.com/eee30/s_trnsp9.htm)

### **Conclusões e Recomendações:**

Há necessidade urgente de revisão da Lei Automotiva no Brasil e a instituição de políticas públicas diferenciadas para o veículo elétrico principalmente àqueles exclusivamente à bateria que não dependem de combustíveis para tração. Neste sentido o recente **INOVAUTO** (“Inovar-Auto”) não atende a esta diferenciação e portanto não leva em conta os atributos específicos destes veículos.

Recomenda-se a abertura de um canal de comunicação e intercâmbio das instituições da sociedade que lidam com o tema veículos elétricos junto a Comissão de Minas e Energia do Congresso Nacional no sentido de aprimorar estas propostas com base em estudos e argumentos tecnológicos, econômicos e sociais.

