

# Matriz Energética - Petróleo

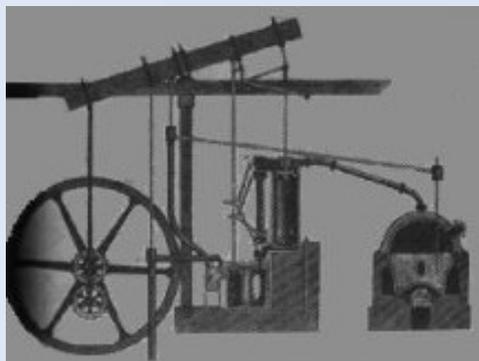
*Engº Antonio Ézio Bresciani*

*III Fórum de Ensino Técnico da Área Química:  
"Realidade e Tendências Energéticas"  
18 de novembro de 2016*

*Conselho Regional de Química - IV  
Comissão de Ensino Técnico*



# ENERGIA: INÍCIO DO USO INTENSIVO



Para muitos, foi a **máquina a vapor** de James Watt (1765), um fabricante de instrumentos para a Universidade de Glasgow, que ocasionou a Revolução Industrial.

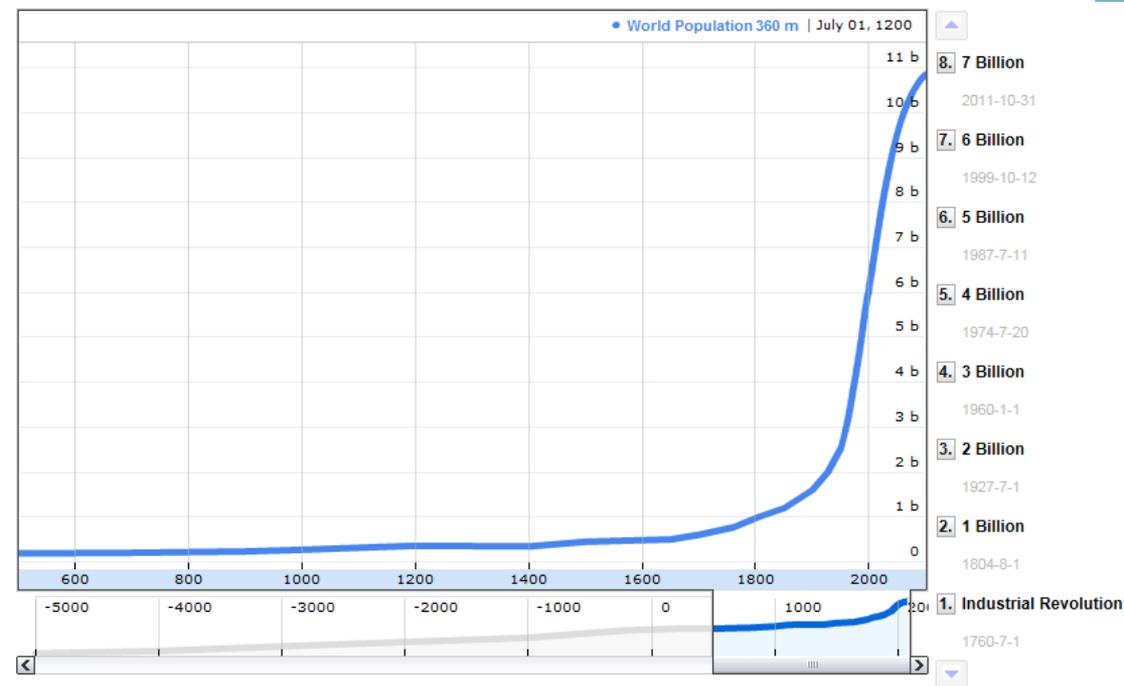
Michael Faraday é considerado o pai do **motor elétrico** (1791-1867)

Karl Benz (1885), Gottlieb Daimler (1886) e Henry Ford (1892) desenvolveram o **automóvel** mas foi somente na década de 1920 que os automóveis passaram a ter **motor de combustão interna** a gasolina.



## COMO ERA ANTES ?

# EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO MUNDIAL



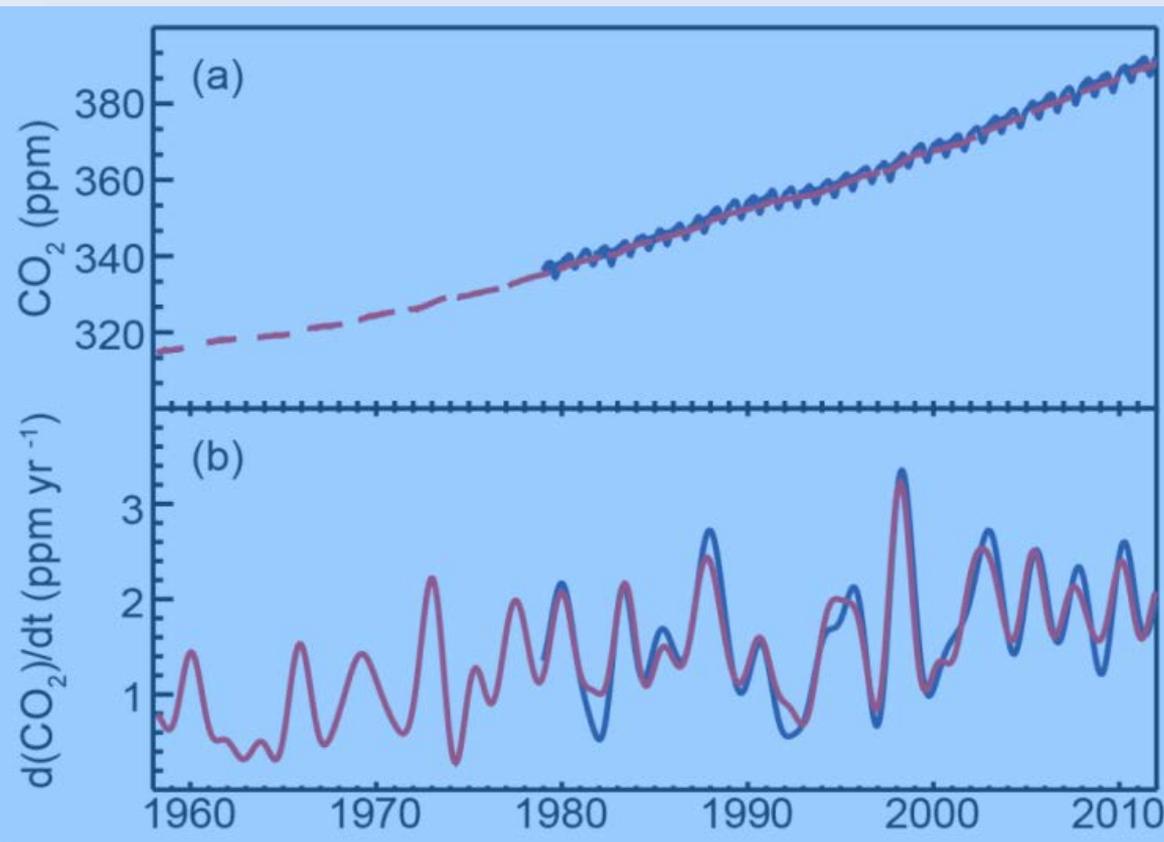
**Current World Population : 7,4 bilhões**  
According to the most recent United Nations estimates, the human population of the world is expected to reach **8 billion people in 2024.**

The chart above illustrates how world population has changed in history.

<b>Current World Population</b>	<b>: 7,46 Bilhões</b>
<b>Births this year</b>	<b>: 123 Milhões</b>
<b>Deaths this year</b>	<b>: 51 Milhões</b>
<b>Population Growth this year</b>	<b>: 72 Milhões</b>

Fonte: <http://www.worldometers.info/world-population>  
consulta em 10/11/2016

# EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub> NA ATOSFERA



**Crescimento da concentração de CO<sub>2</sub> entre 1 a 2 ppm por ano**

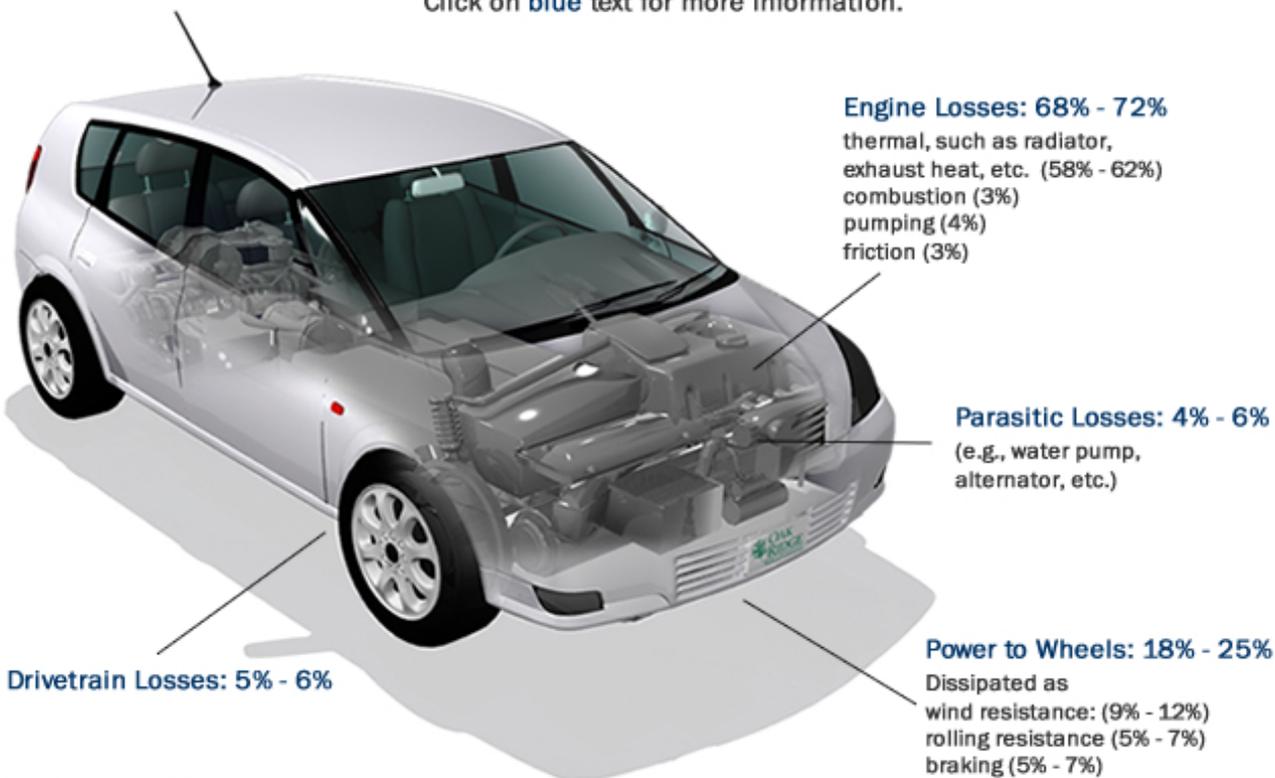
**Derivada segunda positiva indicando tendência de aumentar o crescimento**

Fonte: <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> consulta em 13/04/2015

# DESPERDÍCIO DE ENERGIA EM VEÍCULOS

## Energy Requirements for Combined City/Highway Driving

Click on blue text for more information.



**Limite Termodinâmico dos motores a combustão interna**

**Melhorias contínuas nos motores e na aerodinâmica**

**Não houve mudança de conceito nos veículos**

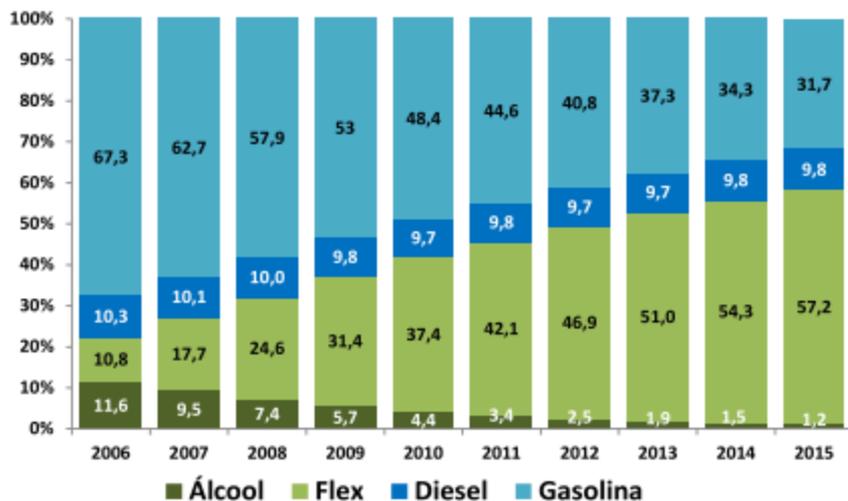
**Qual a eficiência energética de um automovel???**

**Idle Losses: 3%**

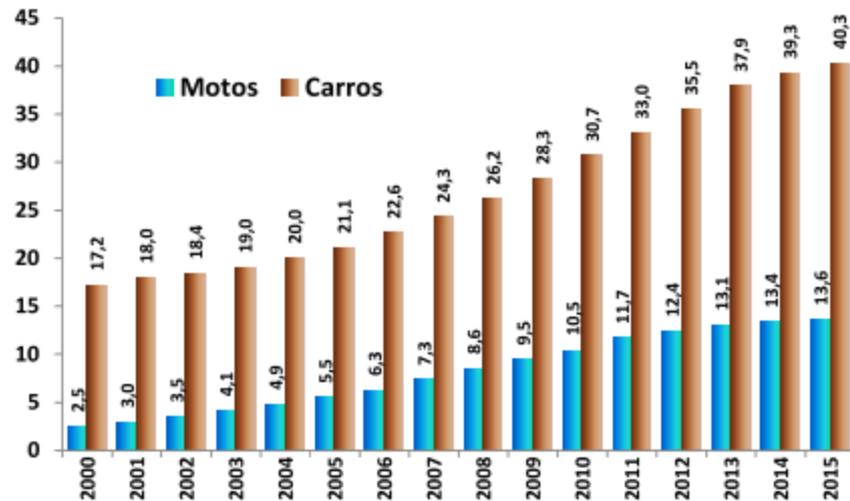
In this figure, they are accounted for as part of the engine and parasitic losses.

# EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE VEÍCULOS NO BRASIL

**Figura 10: Veículos Leves, por Tipo (%)**



**Figura 11: Frotas (milhões)**

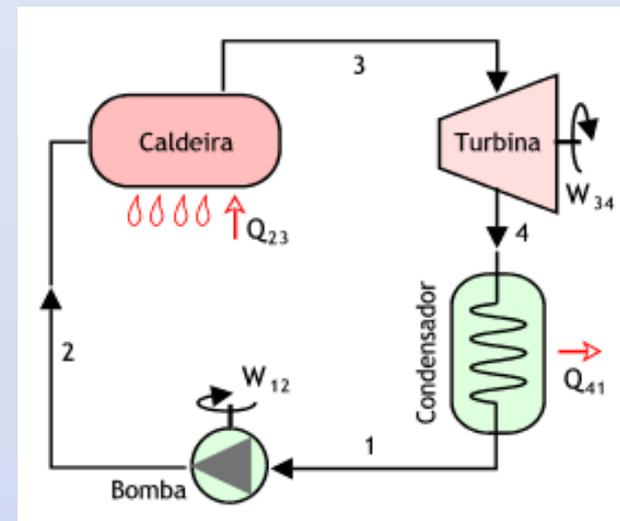
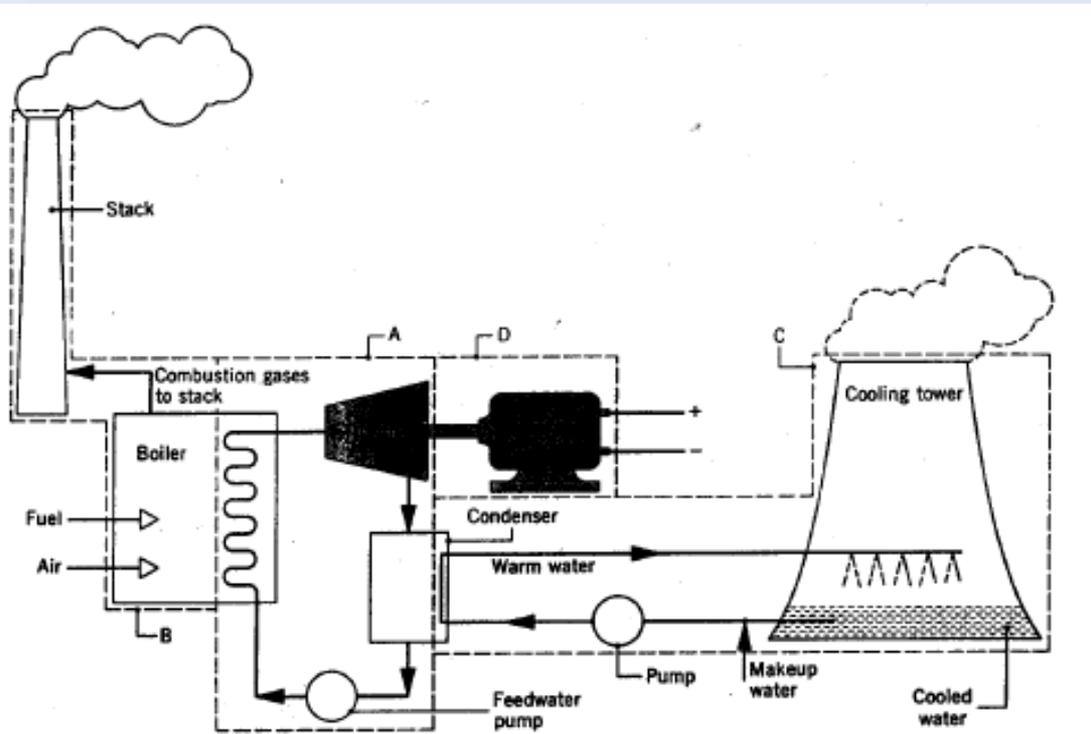


**Nota: Os veículos adaptados para gás natural estão incluídos na frota flex e a gasolina C. Estima-se que representem um pouco menos de 2% da frota total de leves.**

Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME



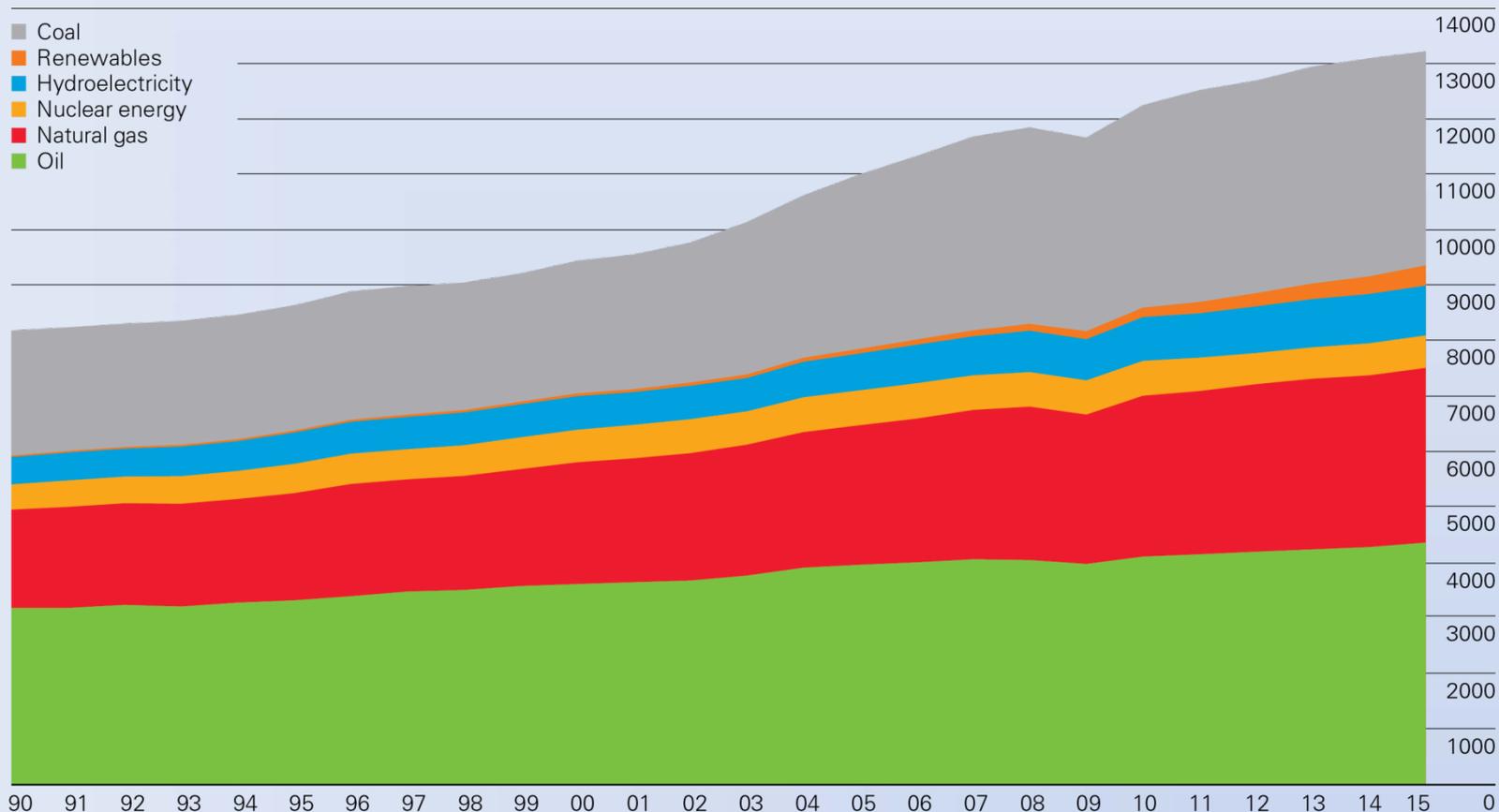
# DESPERDÍCIO DE ENERGIA – TERMELÉTRICA - CICLO RANKINE



**CICLO DE RANKINE PERDE ENERGIA NA CONDENSAÇÃO DO VAPOR DE BAIXA PRESSÃO – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO CICLO PARA PRESSÃO DO VAPOR DE 40 Atm, PRESSÃO DE CONDENSAÇÃO DE 0,04 Atm E TEMPERATURA DO VAPOR DE 530 oC : 38,4%**

**TURBINAS A GÁS TEM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ORDEM DE 60%**

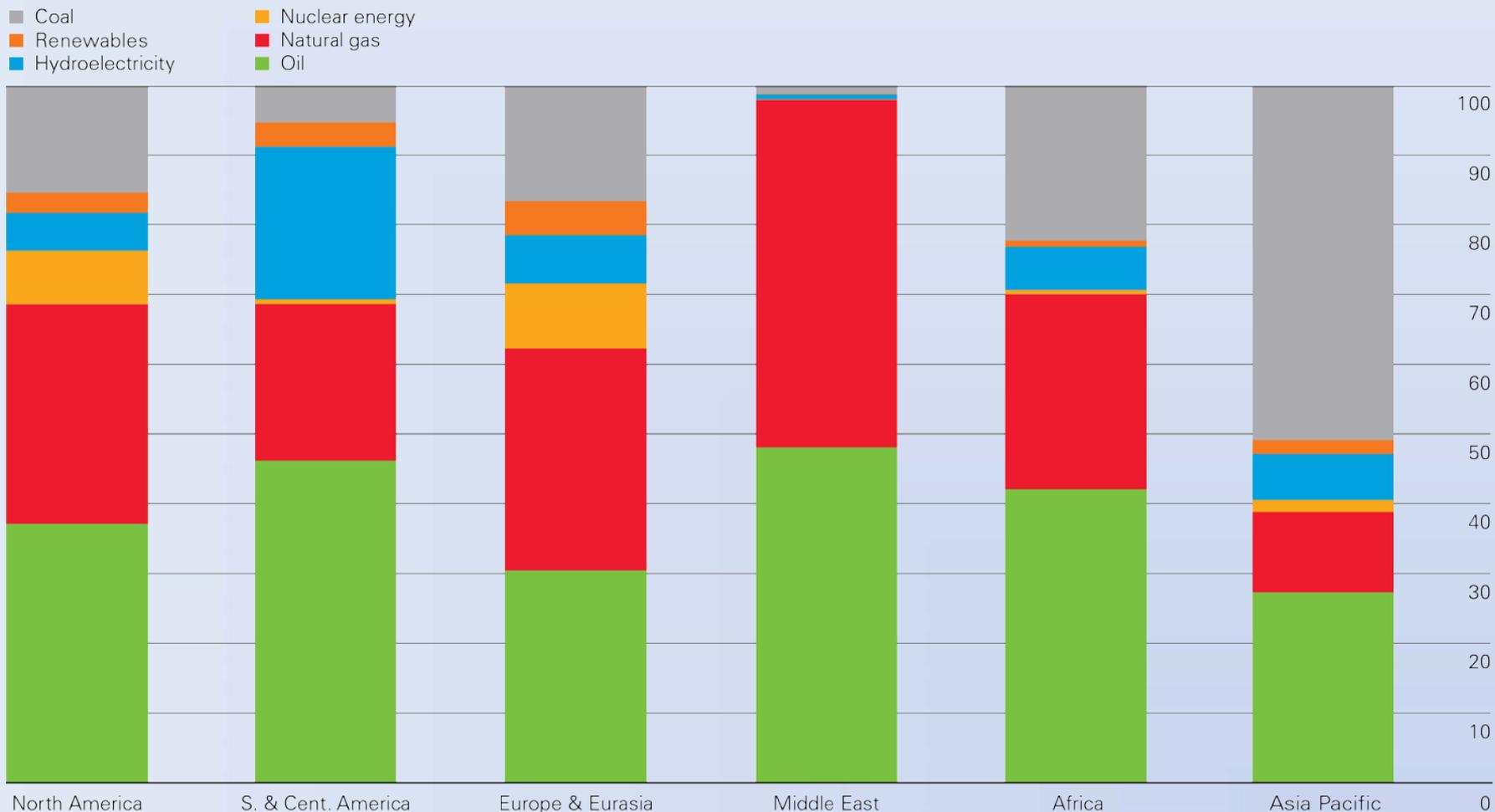
# Primary energy world consumption (Million tonnes oil equivalent)



World primary energy consumption grew by a below-average 1.0% in 2015, the slowest rate of growth since 1998 (other than the decline in the aftermath of the financial crisis)

BP Statistical Review of World Energy 2016  
© BP p.l.c. 2016

# Primary energy regional consumption by fuel 2015 Percentage



BP Statistical Review of World Energy 2016  
© BP p.l.c. 2016

**III Fórum de Ensino Técnico da Área Química:  
"Realidade e Tendências Energéticas"**  
18 de novembro de 2016

Conselho Regional de Química IV  
Comissão de Ensino Técnico



# MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

**Tabela 16: Oferta Interna de Energia no Brasil e Mundo (% e tep)**

Fonte	Brasil		OCDE		Outros		Mundo	
	1973	2015	1973	2015	1973	2015	1973	2015
Óleo	45,6	37,3	52,6	35,8	29,9	24,1	46,1	30,8
Gás natural	0,4	13,7	18,9	25,2	12,9	20,2	16,0	21,4
Carvão	3,2	5,9	22,6	19,0	31,1	36,7	24,6	28,4
Urânio	0	1,3	1,3	10,0	0,2	1,8	0,9	4,9
Hidro	6,1	11,3	2,1	2,3	1,2	2,6	1,8	2,6
Outras não-renováveis	0	0,6	0	0,5	0	0,1	0	0,3
Outras renováveis	44,8	29,9	2,5	7,2	24,7	14,4	10,6	11,6
<i>Biomassa sólida</i>	44,3	22,9	2,4	4,2	24,7	13,0	10,5	9,5
<i>Biomassa líquida</i>	0,5	6,3	0	0,93	0	0,13	0	0,57
<i>Eólica</i>	0	0,62	0	0,88	0	0,28	0	0,51
<i>Solar</i>	0	0,0005	0	0,52	0	0,58	0	0,53
<i>Geotérmica</i>	0	0	0,16	0,66	0	0,44	0,1	0,51
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<i>dos quais renováveis</i>	50,8	41,2	4,6	9,4	26,0	17,1	12,5	14,3
<b>Total - milhões tep</b>	<b>82</b>	<b>299</b>	<b>3.741</b>	<b>5.185</b>	<b>2.105</b>	<b>7.814</b>	<b>6.109</b>	<b>13.653</b>
<i>% do mundo</i>	1,3	2,2	61,2	38,0	34,5	57,2		

Notas: a) estimativas N3E/MME para o último ano, a exceção do Brasil; b) somente o Mundo inclui bunker: 2,6% da OIE em 2015; c) carvão inclui gases da indústria siderúrgica

Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME

# ENERGIAS RENOVÁVEIS E NÃO RENOVÁVEIS

## Não Renováveis

- . Combustíveis Fósseis (liberam  $\text{CO}_2$ )
- . Energia Nuclear (Fissão e Fusão)

## Renováveis

- . Energia Hidráulica
- . Biomassa (libera  $\text{CO}_2$  na combustão e consome  $\text{CO}_2$  no crescimento)
- . Energia Solar
- . Energia Eólica
- . Energia Geotérmica
- . Energia Maremotriz

**Hidrogênio é vetor energético e não fonte primária (não há hidrogênio em concentração significativa na atmosfera)**



# ENERGIA SOLAR

Energia solar que incide na terra é cerca de 9000 vezes maior que o consumo total (todas as fontes) de energia na terra, ou seja, 0,011% dessa energia é suficiente para suprir toda a demanda do planeta.

Temperatura no núcleo do sol: 15,7 milhões °C

Massa do sol : 333 mil vezes maior que a terra

Composição : 73% de hidrogênio e 27% de Helio

Distância da terra : 150 milhões de km ou 8 minutos luz

Reação nuclear gera a energia emitida

Fusão nuclear

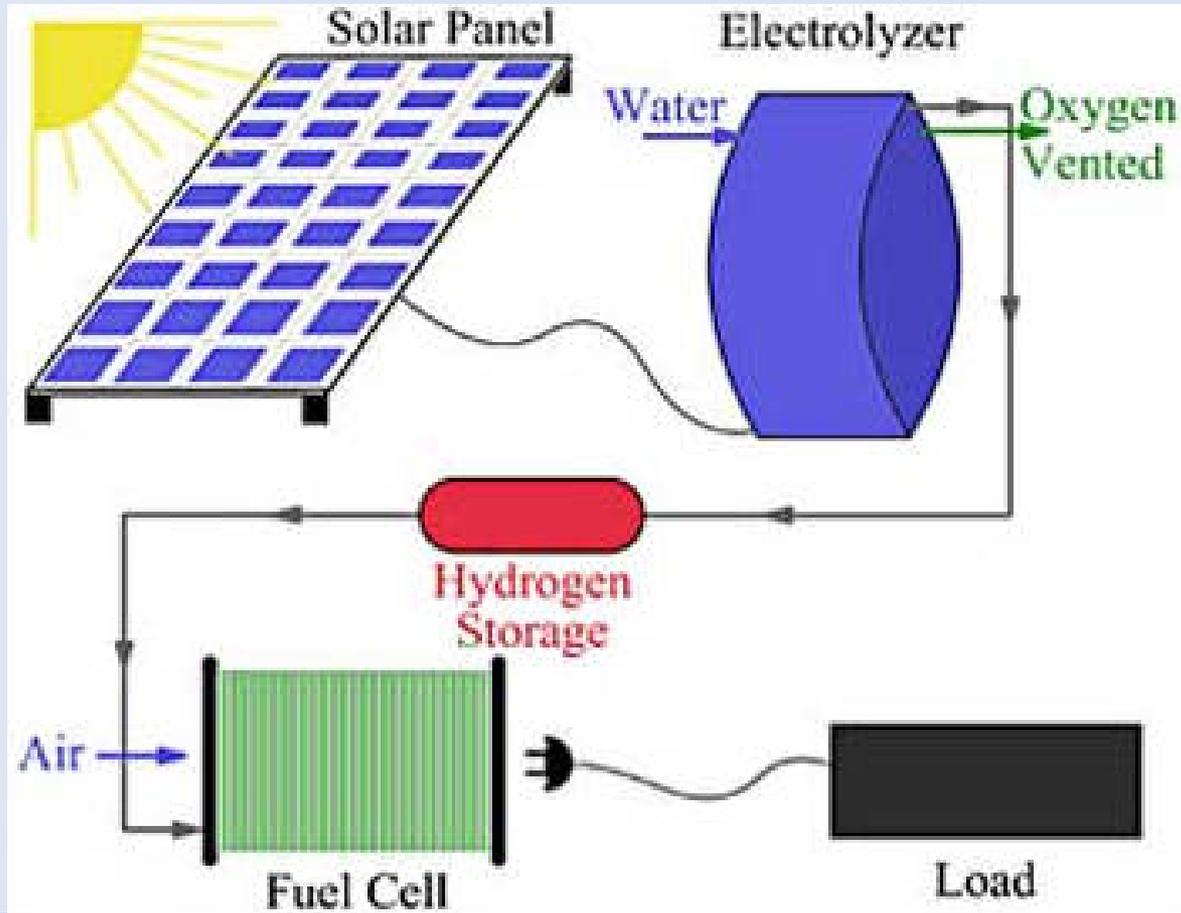


**O investimento em geração de energia fotovoltaica se paga em cerca de 80 meses. Com a redução dos custos de investimento o investimento se tornará mais atraente**



# ENERGIA SOLAR

## O PROBLEMA DA SAZONALIDADE DA ENERGIA SOLAR



# MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

**Tabela 1: Oferta Interna de Energia (OIE)**

ESPECIFICAÇÃO	mil tep		15/14 %	Estrutura %	
	2014	2015		2014	2015
<b>NÃO-RENOVÁVEL</b>	<b>185.070</b>	<b>175.957</b>	<b>-4,9</b>	<b>60,6</b>	<b>58,8</b>
PETRÓLEO E DERIVADOS	120.327	111.626	-7,2	39,4	37,3
GÁS NATURAL	41.373	40.971	-1,0	13,5	13,7
CARVÃO MINERAL E DERIVADOS	17.521	17.675	0,9	5,7	5,9
URÂNIO (U3O8) E DERIVADOS	4.036	3.855	-4,5	1,3	1,3
OUTRAS NÃO-RENOVÁVEIS(*)	1.814	1.830	0,9	0,6	0,6
<b>RENOVÁVEL</b>	<b>120.446</b>	<b>123.255</b>	<b>2,3</b>	<b>39,4</b>	<b>41,2</b>
HIDRÁULICA E ELETRICIDADE	35.019	33.897	-3,2	11,5	11,3
LENHA E CARVÃO VEGETAL	24.936	24.519	-1,7	8,2	8,2
DERIVADOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	48.128	50.648	5,2	15,8	16,9
OUTRAS RENOVÁVEIS	12.363	14.191	14,8	4,0	4,7
<b>TOTAL</b>	<b>305.516</b>	<b>299.211</b>	<b>-2,1</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<i>dos quais fósseis</i>	<i>181.034</i>	<i>172.101</i>	<i>-4,9</i>	<i>59,3</i>	<i>57,5</i>

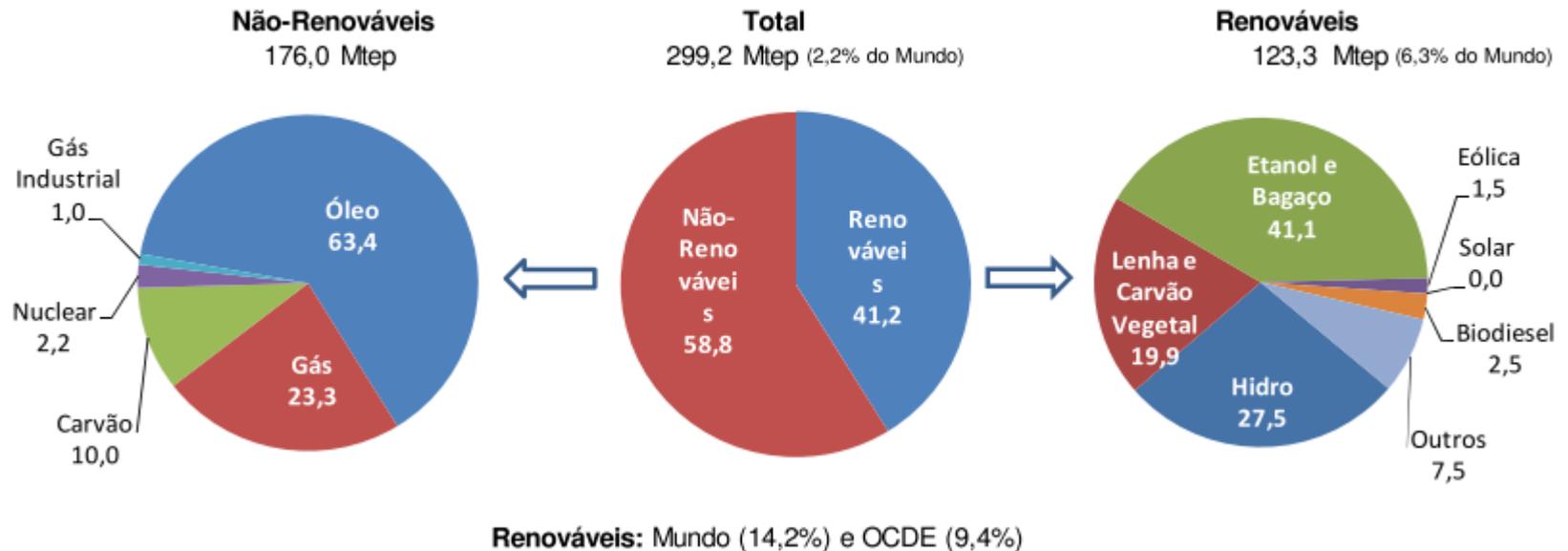
(\*) Gás industrial de alto forno, aciaria, coqueria, enxofre e de refinaria

Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME



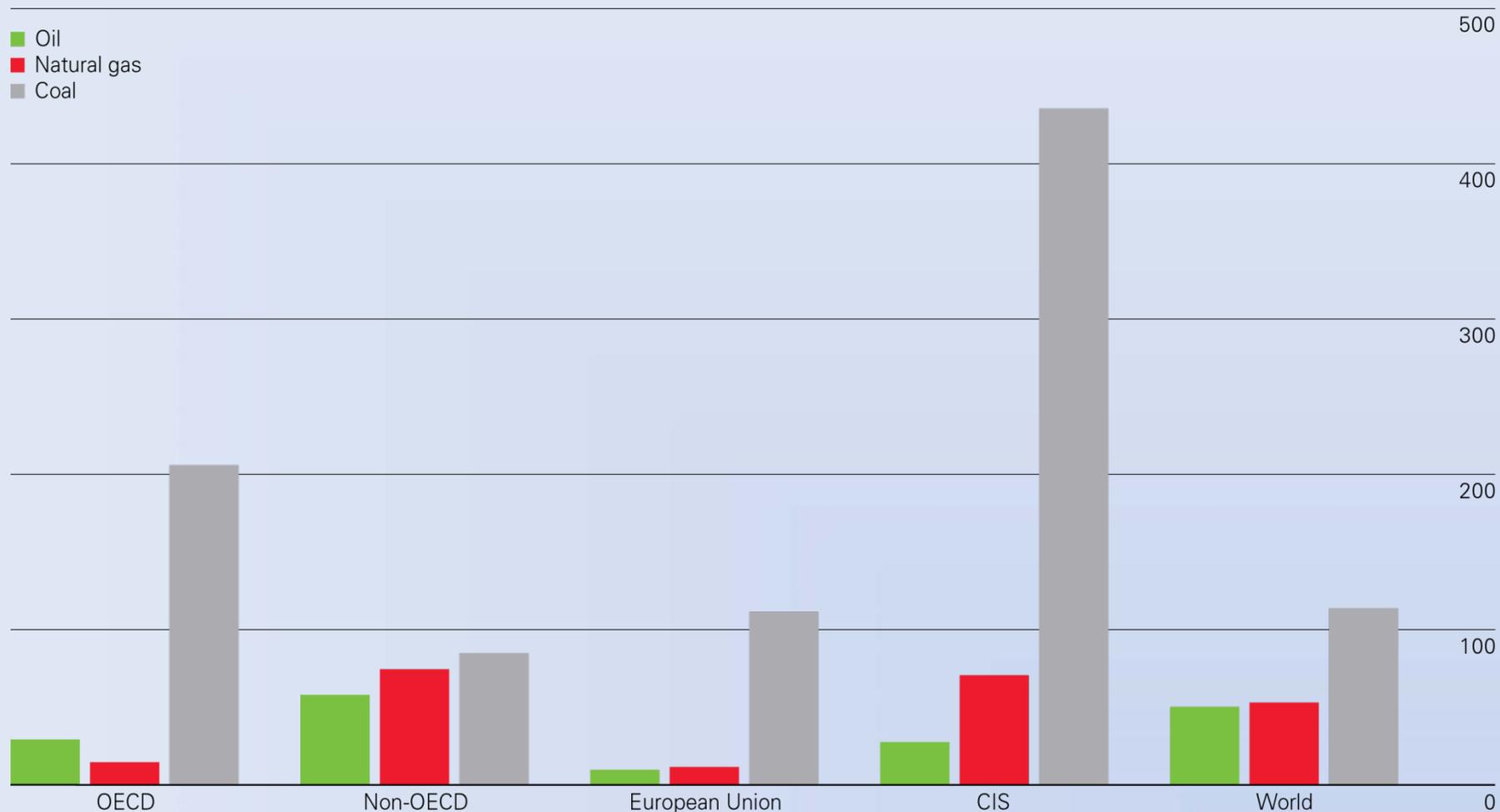
# MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

**Figura 1: Oferta Interna de Energia no Brasil – 2015 (%)**



Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME

# Fossil fuel reserves-to-production (R/P) ratios at end 2015 Years



BP Statistical Review of World Energy 2016  
© BP p.l.c. 2016



# RESERVAS BRASILEIRAS DE PETRÓLEO

**Tabela 12: Reservas de Petróleo e Gás Natural**

Produto	Local	2014		2015		% 2015/14	
		Provadas	Totais	Provadas	Totais	Provadas	Totais
Petróleo (bilhões de barris)	Terra	0,8	1,3	0,7	1,0	-19,9	-22,8
	Mar	15,4	30	12,4	26,5	-19,4	-13,1
	<b>TOTAL</b>	<b>16,2</b>	<b>31,8</b>	<b>13,0</b>	<b>27,5</b>	<b>-19,5</b>	<b>-13,5</b>
Gás Natural (bilhões de m³)	Terra	71,2	101,1	70,7	98,4	-0,7	-2,7
	Mar	399,9	758,8	358,7	723,8	-10,3	-4,6
	<b>TOTAL</b>	<b>471,1</b>	<b>859,9</b>	<b>429,4</b>	<b>822,2</b>	<b>-8,9</b>	<b>-4,4</b>

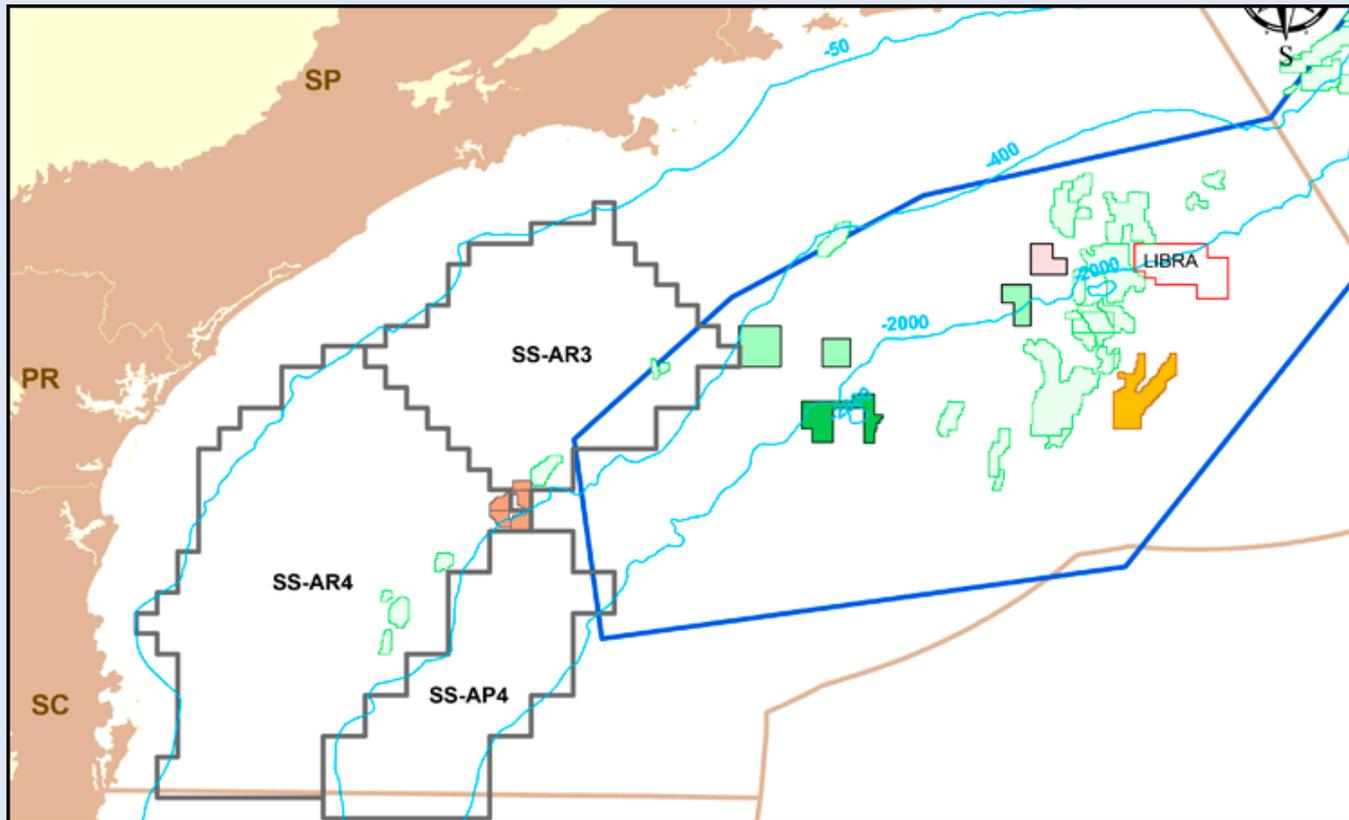
Nota 1: Os dados seguem o novo Regulamento Técnico de Estimativa de Recursos e Reservas de Petróleo e Gás Natural (RTR), estabelecido por meio da Resolução ANP nº 47/2014, que substitui a Portaria ANP nº 09/2000.

$$27,5 \cdot 10^9 \text{ bbl} = 27,5 \cdot 10^9 \text{ bbl} / (2,45 \cdot 10^6 \text{ bbl/d}) \text{ ano}/365\text{d} = 30,75 \text{ anos}$$

Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME



# RESERVAS BRASILEIRAS DE PETRÓLEO



**produção total de óleo e gás no pré-sal alcançou a marca de 1,240 milhão de barris por dia em junho de 2016.**

Anuário Estatístico 2016 ANP



# PRODUÇÃO DE PETRÓLEO NO BRASIL

**Tabela 10 – Campos e Produção de Petróleo e Gás, por Estado**

Anos	BA	RN	ES	RJ	SE	AL	CE	AM	SP	PR	MA	TOTAL
<b>Campos de petróleo (nº)</b>												
<b>2015</b>	83	81	47	46	19	11	6	7	5	0	2	307
<i>% n</i>	27,0	26,4	15,3	15,0	6,2	3,6	2,0	2,3	1,6	0,0	0,7	100,0
<b>Produção de petróleo (mil m³)</b>												
<b>2014</b>	2.542	3.333	21.300	89.547	2.380	260	424	1.625	9.418	294	7	131.129
<b>2015</b>	2.294	3.313	22.520	94.903	1.934	263	387	1.526	14.304	0	712	142.157
<i>%n/n-1</i>	-9,7	-0,6	5,7	6,0	-18,8	1,2	-8,7	-6,1	51,9	0,0	10324,6	8,4
<i>%n</i>	1,6	2,3	15,8	66,8	1,4	0,2	0,3	1,1	10,1	0,0	0,5	100,0
<b>Produção de gás natural (milhões m³)</b>												
<b>2014</b>	3.097	490	4.750	11.097	1.058	535	33	4.704	4.163	0	1.968	31.894
<b>2015</b>	3.041	427	4.114	14.062	864	427	27	5.060	5.538	0	1.565	35.126
<i>%n/n-1</i>	-1,8	-12,9	-13,4	26,7	-18,3	-20,2	-15,9	7,6	33,0	0,0	-20,5	10,1
<i>%n</i>	8,7	1,2	11,7	40,0	2,5	1,2	0,1	14,4	15,8	0,0	4,5	100,0

$$142 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano} = 142 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano} \cdot \text{ano}/365\text{d} \cdot 6,29 \text{ bbl}/\text{m}^3 = 2,45 \cdot 10^6 \text{ bbl}/\text{d}$$

Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME



# GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

**Tabela 17: Oferta Interna de Energia Elétrica no Brasil e Mundo (% e TWh)**

Fonte	Brasil		OCDE		Outros		Mundo	
	1973	2015	1973	2015	1973	2015	1973	2015
Óleo	7,2	4,2	25,4	2,2	23,1	4,6	24,6	3,5
Gás	0,5	12,9	11,6	24,1	14,2	21,4	12,2	22,4
Carvão	1,7	3,1	37,9	31,6	40,9	47,3	38,3	39,2
Urânio	0	2,4	4,2	18,7	0,9	4,2	3,3	10,5
Hidro	89	64,0	20,5	12,9	19,3	18,7	21,0	17,3
Outras não-renováveis	0	2,0	0	0,4	0	0,1	0,1	0,2
Outras renováveis	1,2	11,5	0,3	10,2	1,6	3,8	0,6	6,8
<i>Biomassa sólida</i>	1,2	8,0	0,2	2,8	1,6	0,9	0,5	1,9
<i>Eólica</i>	0,0	3,5	0	5,0	0	2,0	0	3,3
<i>Solar</i>	0	0,01	0	1,9	0	0,7	0	1,2
<i>Geotérmica</i>	0	0	0,1	0,5	0	0,2	0,1	0,3
<b>Total (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<i>dos quais renováveis</i>	90,6	75,5	20,8	23,1	20,9	22,5	21,5	24,1
<b>Total (TWh)</b>	<b>65</b>	<b>616</b>	<b>4.472</b>	<b>10.681</b>	<b>1.579</b>	<b>12.895</b>	<b>6.115</b>	<b>24.192</b>
<i>% do mundo</i>	1,1	2,5	73,1	44,2	25,8	53,3		

Notas: a) dados do mundo e outras regiões de 2015, estimados pelo N3E/SPE; b) biomassa sólida inclui biogás.

Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME

# MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

**Tabela 3: Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE)**

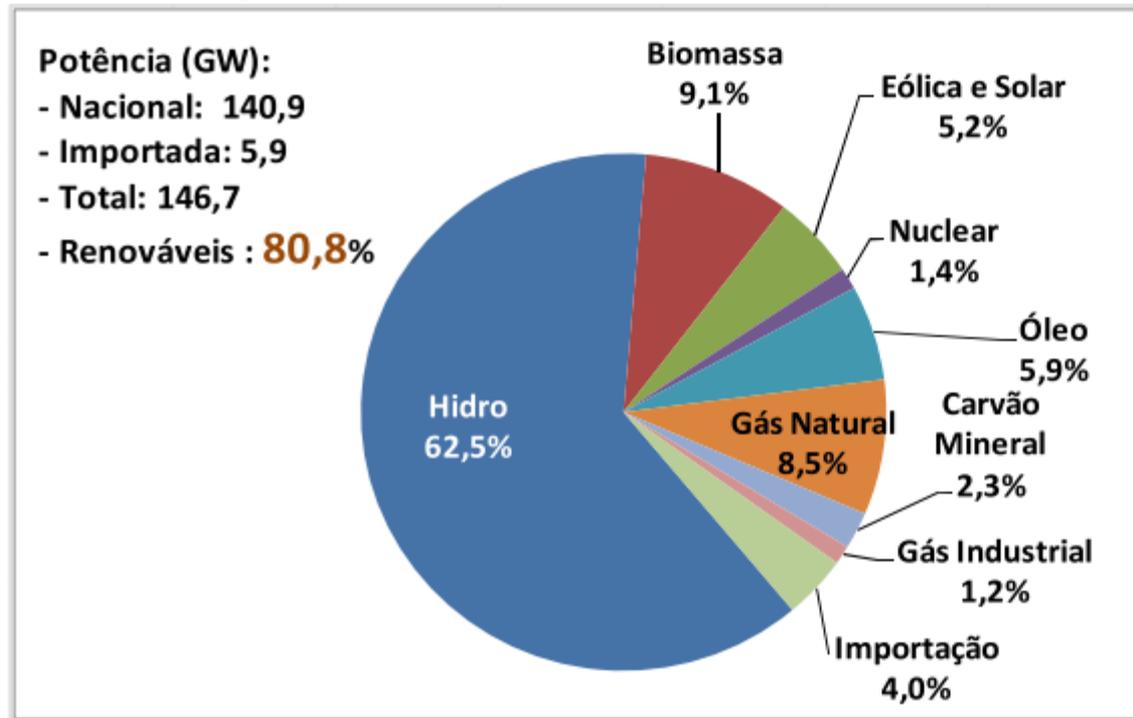
ESPECIFICAÇÃO	GWh		15/14 %	Estrutura (%)	
	2014	2015		2014	2015
HIDRO	373.439	359.743	-3,7	59,8	58,4
BAGAÇO DE CANA	32.303	34.163	5,8	5,2	5,5
EÓLICA	12.210	21.626	77,1	2,0	3,5
SOLAR	16	59	266,4	0,003	0,010
OUTRAS RENOVÁVEIS	13.879	14.864	7,1	2,2	2,4
ÓLEO	31.668	25.662	-19,0	5,1	4,2
GÁS NATURAL	81.075	79.490	-2,0	13,0	12,9
CARVÃO	18.385	19.096	3,9	2,9	3,1
NUCLEAR	15.378	14.734	-4,2	2,5	2,4
OUTRAS NÃO-RENOVÁVEIS	12.125	12.049	-0,6	1,9	2,0
IMPORTAÇÃO	33.775	34.422	1,9	5,4	5,6
<b>TOTAL</b>	<b>624.254</b>	<b>615.908</b>	<b>-1,3</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>
<i>Dos quais renováveis</i>	<i>465.623</i>	<i>464.877</i>	<i>-0,2</i>	<i>74,6</i>	<i>75,5</i>

Notas: (a) inclui 52,7 TWh de autoprodutor cativo em 2015 (que não usa a rede básica); (b) Gás industrial inclui gás de alto forno, gás siderúrgico, gás de coqueria, gás de processo, gás de refinaria, enxofre e alcatrão

Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME

# MATRIZ DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Figura 4: Oferta de Potência de Geração Elétrica – 2015(%)



A figura 4 ilustra a matriz de oferta de potência de energia elétrica. Verifica-se a supremacia da potência hidráulica, com 66,5% de participação, incluindo a importação. A participação das fontes renováveis fica próxima de 81%, indicador muito superior ao mundial, de 21%.

Fonte: Resenha Energética Brasileira, Ano 2015, MME

# PETRÓLEO



# TIPOS DE PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO



Fixa



Autoelevável



Semissubmersível



FPSO



FPSO Monocoluna



TLWP



Navio-Sonda

<http://www.petrobras.com.br/infograficos/tipos-de-plataformas>

# TIPOS DE PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO



<http://www.petrobras.com.br/infograficos/tipos-de-plataformas>

# LOGÍSTICA DO PETRÓLEO E DOS PRODUTOS

CONHEÇA QUAIS SÃO E COMO FUNCIONAM  
OS **TIPOS DE PLATAFORMA** QUE OPERAMOS NO MAR.



Plataformas de produção de petróleo

Terminais de petróleo

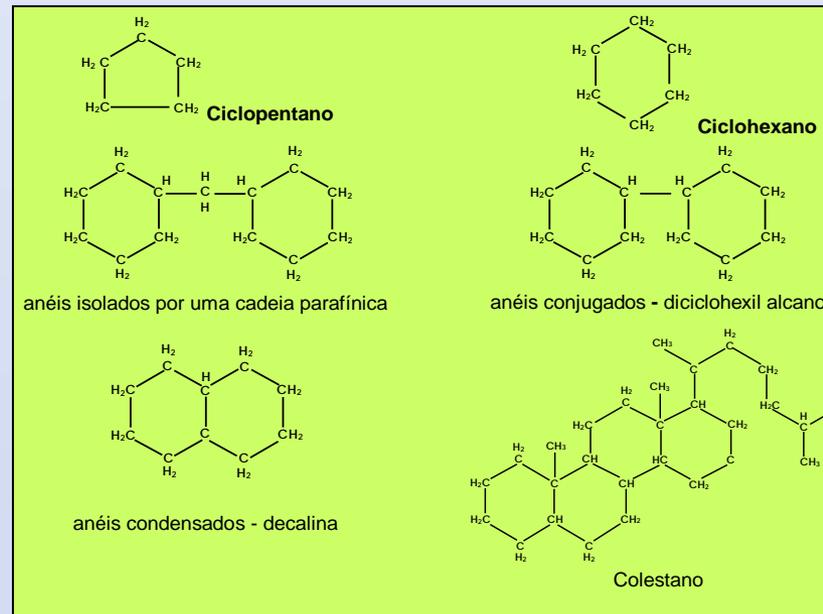


15 Refinarias de petróleo

Terminais de produtos

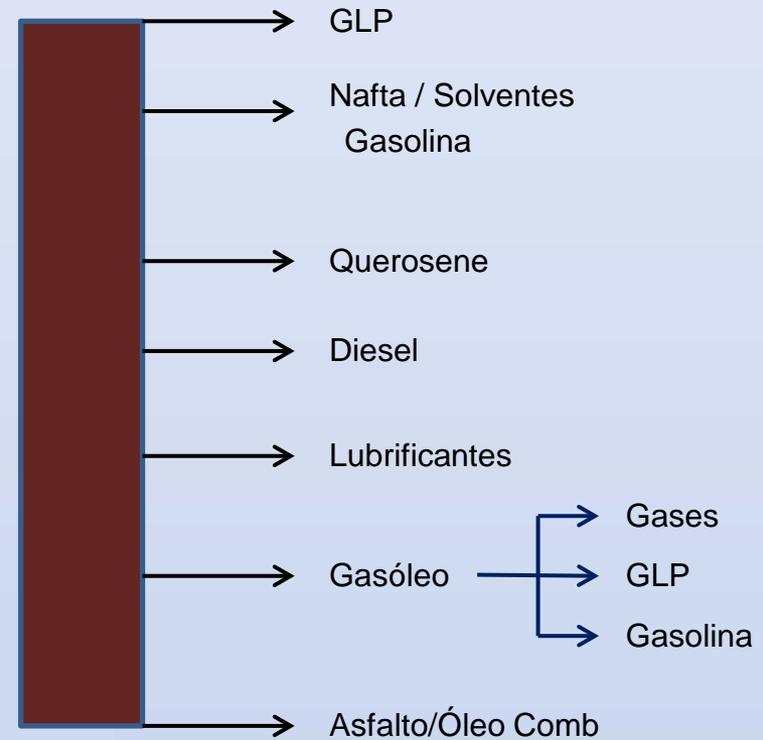
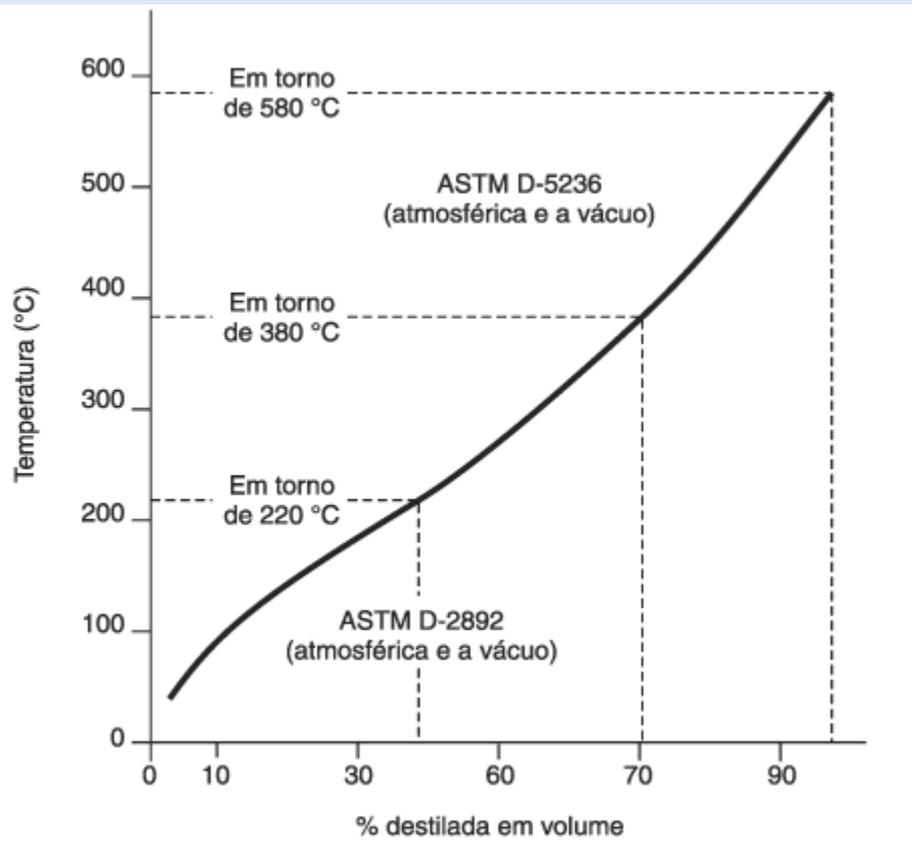
# COMPOSIÇÃO DO PETRÓLEO

Nome	Fórmula	Estado a 1 atm e 25°C
Metano	$CH_4$	Gasoso
Etano	$C_2H_6$	
N-propano	$C_3H_8$	
N-butano	$C_4H_{10}$	
N-pentano	$C_5H_{12}$	Líquido
N-hexano	$C_6H_{14}$	
N-heptano	$C_7H_{16}$	
N-octano	$C_8H_{18}$	
N-nonano	$C_9H_{20}$	
N-decano	$C_{10}H_{22}$	
N-undecano	$C_{11}H_{24}$	
N-dodecano	$C_{12}H_{26}$	
N-tridecano	$C_{13}H_{28}$	
N-tetradecano	$C_{14}H_{30}$	
N-pentadecano	$C_{15}H_{32}$	
N-hexadecano	$C_{16}H_{34}$	Sólido
N-heptadecano	$C_{17}H_{36}$	
N-octadecano	$C_{18}H_{38}$	
N-nonadecano	$C_{19}H_{40}$	
N-eicosano	$C_{20}H_{42}$	



Elemento	% massa
Carbono	83-87
Hidrogênio	11-14
Enxofre	0,2-3,0
Nitrogênio	0,1-0,2
Oxigênio	0,15
Metais	0,3

# PRODUTOS DO PETRÓLEO



# PROCESSOS DE REFINO DE PETRÓLEO

## SEPARAÇÃO

Destilação, absorção, extração

## CONVERSÃO

Craqueamento catalítico, reforma

## TRATAMENTOS

Hidrotratamentos



# PROCESSOS DE REFINO DE PETRÓLEO



*III Fórum de Ensino Técnico da Área Química:  
"Realidade e Tendências Energéticas"  
18 de novembro de 2016*

*Conselho Regional de Química – IV  
Comissão de Ensino Técnico*



# PROCESSOS DE REFINO DE PETRÓLEO



*III Fórum de Ensino Técnico da Área Química:  
"Realidade e Tendências Energéticas"  
18 de novembro de 2016*

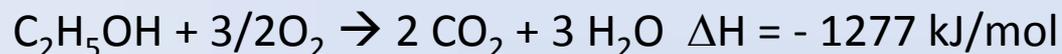
*Conselho Regional de Química - IV  
Comissão de Ensino Técnico*



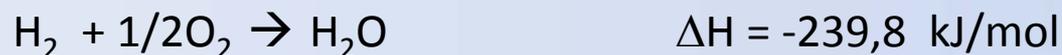
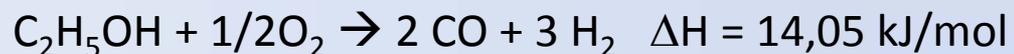
# TÓPICOS PARA DISCUSSÃO



# ALTERNATIVAS PARA VEÍCULOS COM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA



Motor ciclo Otto com eficiência de 32%

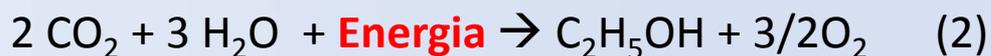


Célula combustível com eficiência de 60%



# ALTERNATIVAS PARA REDUZIR CONCENTRAÇÃO DE CO<sub>2</sub>

É POSSÍVEL CONVERTER CO<sub>2</sub> A ETANOL COM CATALISADOR ESPECÍFICO E CONDIÇÕES ESPECIAIS



**A ENERGIA A SER FORNECIDA PARA A REAÇÃO 2 PODERIA SER ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA**

*High-Selectivity Electrochemical Conversion of CO<sub>2</sub> to Ethanol using a Copper Nanoparticle/N-Doped Graphene Electrode*  
Yang Song, Rui Peng, Dale K. Hensley, Peter V. Bonnesen, Liangbo Liang, Zili Wu, Harry M. Meyer III, Miaofang Chi, Cheng Ma, Bobby G. Sumpter, Adam J. Rondinone  
ChemistrySelect



# Emissões de CO<sub>2</sub> por combustível

	PCI (kcal/kg)	kg/10 <sup>6</sup> kcal	kg CO <sub>2</sub> /kg	kgCO <sub>2</sub> /10 <sup>6</sup> kcal
<b>Metano</b>	11940	83,75	245,67	<b>20575,6</b>
<b>Gasolina</b>	10500	95,24	294,07	<b>28006,5</b>
<b>Óleo diesel</b>	10263	97,44	302,63	<b>29487,4</b>
<b>Etanol Anidro</b>	6618	151,10	289,07	<b>43678,9</b>
<b>Óleo Combustível</b>	9880	101,21	330,30	<b>33430,9</b>
<b>Carvão</b>	6800	147,06	539,22	<b>79296,4</b>

**Carvão emite quase 4 vezes mais CO<sub>2</sub> que o Gás Natural por energia liberada**  
**Etanol retira CO<sub>2</sub> da atmosfera na fase de crescimento do vegetal**



**OBRIGADO**

