

MATRIZ ENERGÉTICA DO BRASIL E DE OUTROS PAÍSES

Universidade Federal da Bahia

Prof. Paulo R. F. de Moura Bastos (aposentado)

Contato: pbastos@ufba.br

O QUE ABORDAREMOS

- 1 – Introdução: Energia e o Balanço Energético
- 2 – Dados do Brasil e outros países
- 3- Orgulho da matriz brasileira – Por que?
- 4 – Conclusões

Referências bibliográficas

1. Balanço Energético Nacional BEN, 2019, e o Relatório Síntese – EPE Empresa de Pesquisa Energética, maio/19 (acesso site em 05/20);
2. Energia no Mundo 2015-2016, Min. Minas e energia, mme.gov.br ; acesso em 11.19 (base de dados: Site IEA e estatísticas de 2016 da British Petroleum);
3. Anuário estatístico da energia elétrica 2017, ano base 2016 – EPE (no site, planilha);
4. IEA - Agência Internacional de Energia, iea.org/Data (balances, acesso em 06/20).

**Meus sinceros agradecimentos
ao IEEE, e ao Prof. Daniel
Barbosa**

1 – Energia e o Balanço Energético

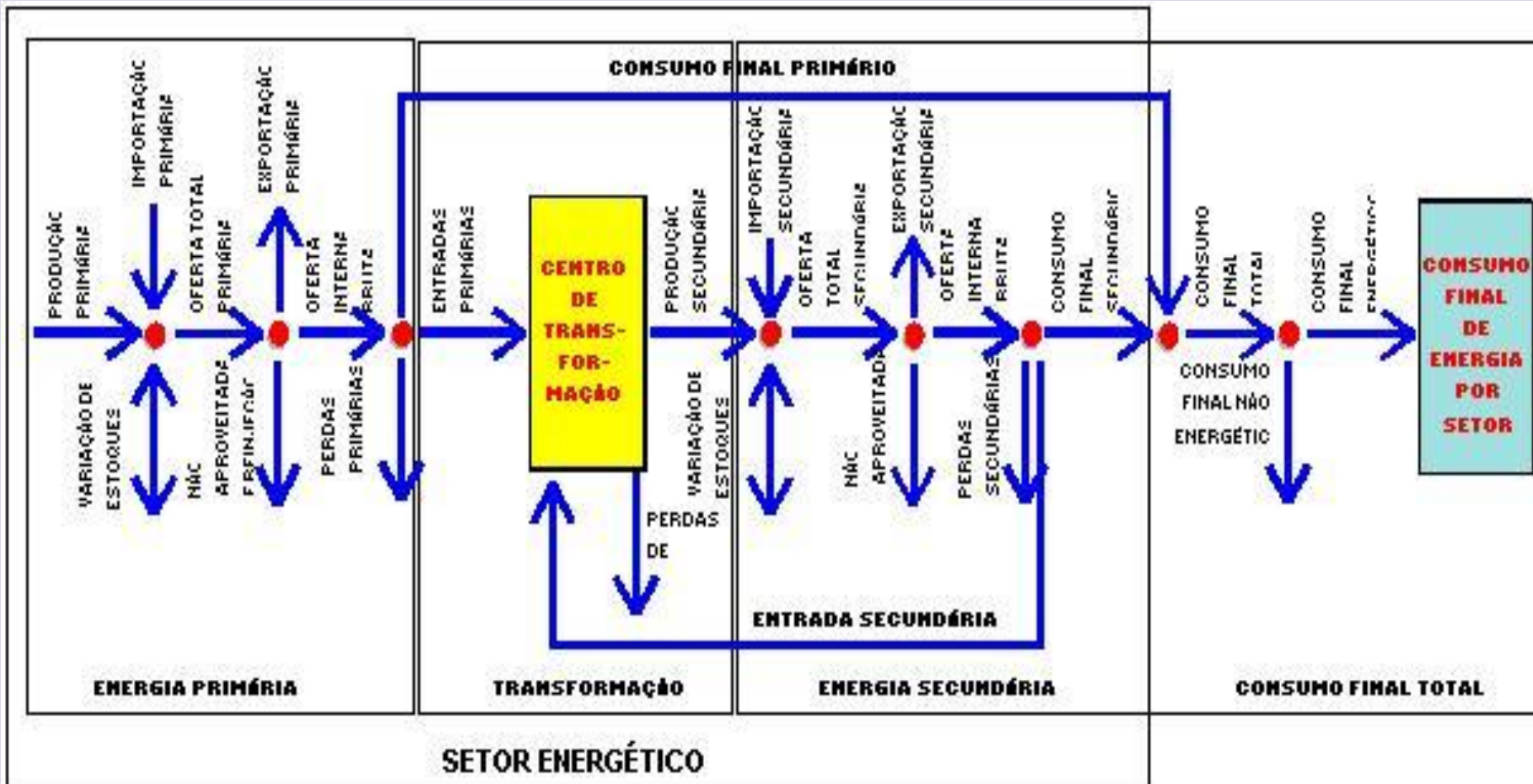
- Conceitos de Energia ($W=F.d$), e Potência
- Unidades e conversão de energia

	Joule	Caloria	kWh	tep
Joule	1,0	0,2388	$277,8 \times 10^{-9}$	$2,388 \times 10^{-11}$
Caloria	4,1869	1,0	$1,163 \times 10^{-3}$	10^{-10}
kWh	$3,6 \times 10^6$	860×10^3	1,0	$8,598 \times 10^{-5}$
tep	$41,868 \times 10^9$	10^{10}	$11,63 \times 10^3$	1,0

- Energia em MWmed (1 MW durante o período)

1 – Energia e o Balanço Energético

Estrutura do Balanço Energético



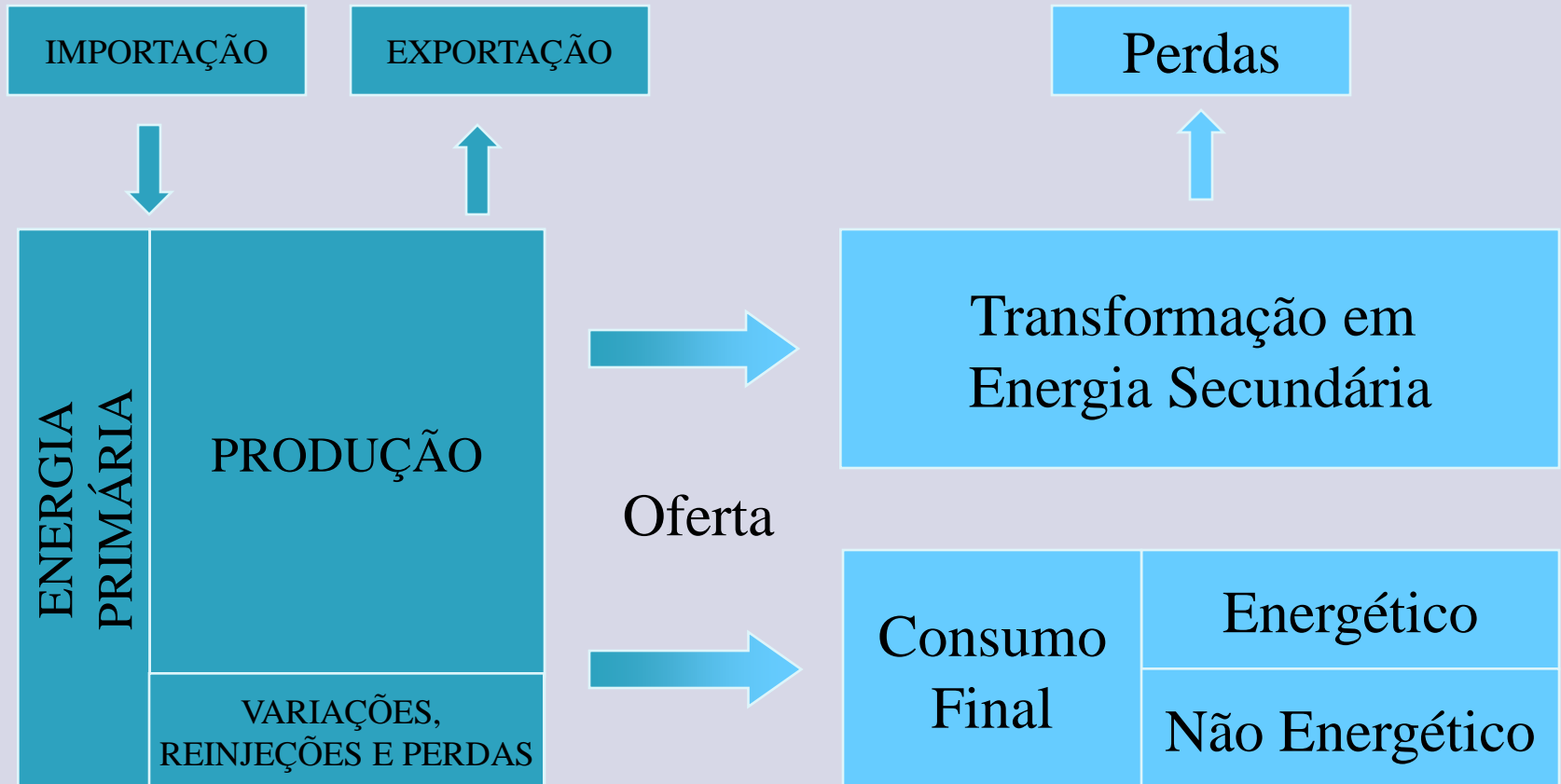
1 – Energia e o Balanço Energético

Etapas do Sistema Energético

- Extração (energia primária)
- Transporte
- Transformação
- Energia secundária
- Tecnologia de distribuição
- Tecnologia de uso final
- Uso final

1 – Energia e o Balanço Energético

Energia Primária



1 – Energia e o Balanço Energético

Energia Primária

ANEXO F.30

BALANÇO ENERGÉTICO CONSOLIDADO - ANO 1999

CONTA	PETRÓ- LEO	GÁS NA- TURAL	CARVÃO VAPOR	CARVÃO MET.	URÂNIO U308	EN. HI- DRAUL.	LE- NHA	PROD. CANA	OUTRAS PRIMAR.	TOTAL PRIMAR.
PRODUÇÃO	55252	11517	2043	19	0	84936	21260	23959	3755	202741
IMPORTAÇÃO	24232	343	0	9362	6	0	4	0	0	33947
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	275	0	458	-143	186	0	0	0	0	776
OFERTA TOTAL	79759	11860	2501	9238	192	84936	21264	23959	3755	237464
EXPORTAÇÃO	-29	0	0	0	0	0	0	0	0	-29
NÃO-APROVEITADA	0	-2202	0	0	0	0	0	0	0	-2202
REINJEÇÃO	0	-2090	0	0	0	0	0	0	0	-2090
OFERTA INTERNA BRUTA	79730	7568	2501	9238	192	84936	21264	23959	3755	233143

1 – Energia e o Balanço Energético

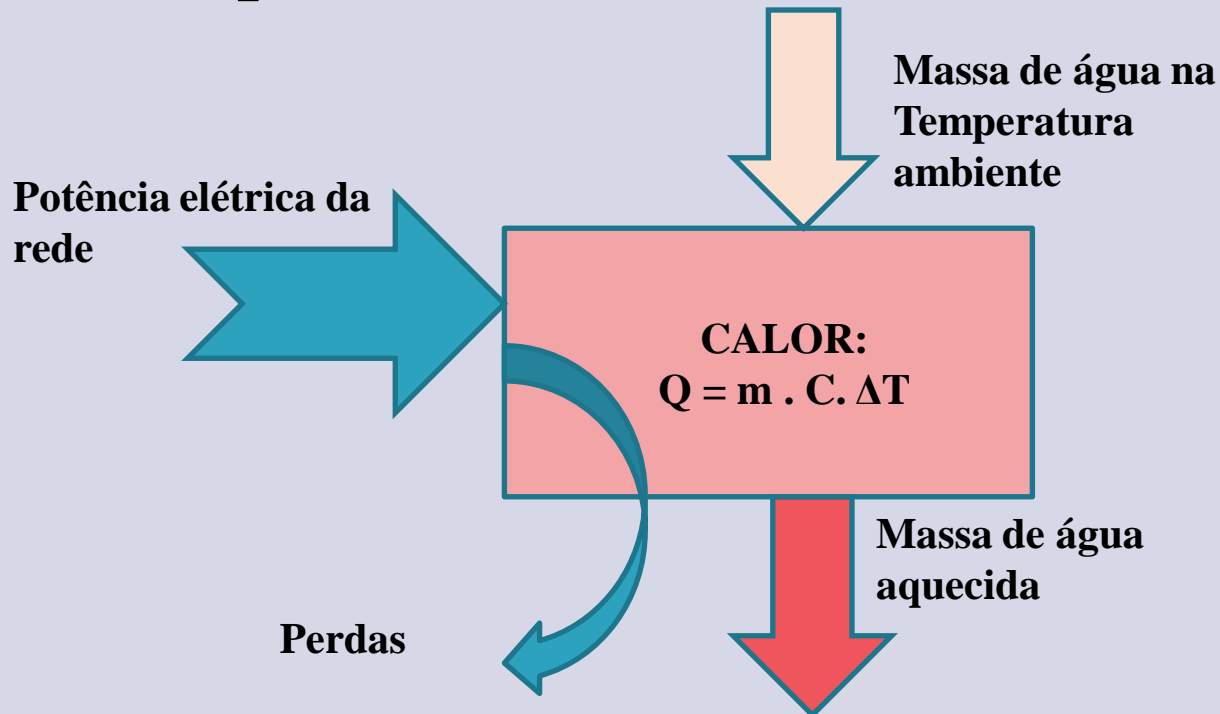
Energia Secundária (deve ser mais cara)

CONTA	ÓLEO DIESEL	ÓLEO COMBUSTÍVEL	GASOLINA	GLP	NAFTA	QUEROSENE	GÁS	COQUE C. MIN.	URÂNIO C / U02	ELETRICIDADE	CARVÃO VEGETAL	ÁLCOOL ETÍLICO	OUTRAS SEC. DE PETRÓLEO	NÃO ENERGÉT. DE PETRÓLEO.	ALCATRÃO	TOTAL SECUNDÁRIA	TOTAL
PRODUÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196162
IMPORTAÇÃO	5264	55	162	3020	3666	813	0	1025	0	11429	7	80	4	186	0	25711	68502
VARIAÇÃO DE ESTOQUES	-59	-134	180	60	-26	-20	0	55	-3496	0	0	87	6	163	0	-3184	-4046
OFERTA TOTAL	5205	-79	342	3080	3640	793	0	1080	-3496	11429	7	167	10	349	0	22527	260618
EXPORTAÇÃO	-458	-3789	-1327	-4	-4	-866	0	0	0	-2	-6	-70	-16	-174	0	-6716	-6716
NÃO-APROVEITADA	0	0	0	0	0	0	-16	0	0	0	0	0	0	0	0	-16	-1948
REINJEÇÃO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1866
OFERTA INTERNA BRUTA	4747	-3868	-985	3076	3636	-73	-16	1080	-3496	11427	1	97	-6	175	0	15795	250088

1 – Energia e o Balanço Energético

- Energia de entrada = $E_{saída} + E_{perdas}$
- $Rendimento = E_{saída} \text{ (útil)} / E_{entrada}$

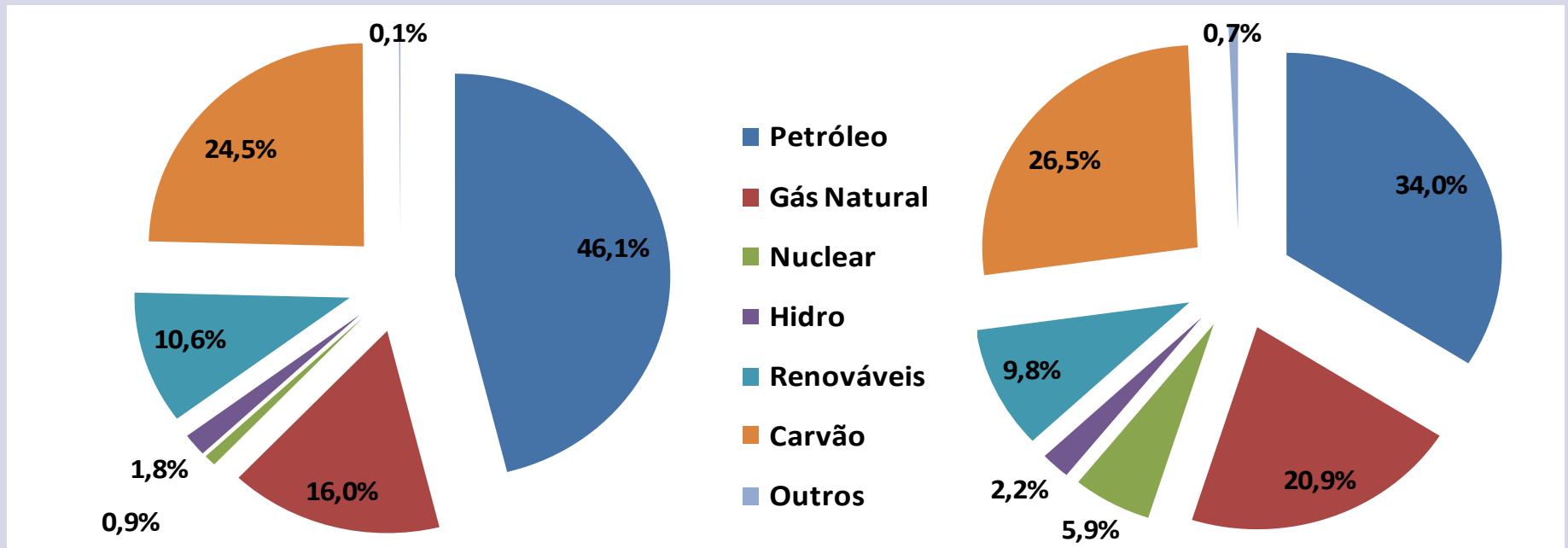
Exemplo: Rendimento do chuveiro elétrico



1 – Energia e o Balanço Energético

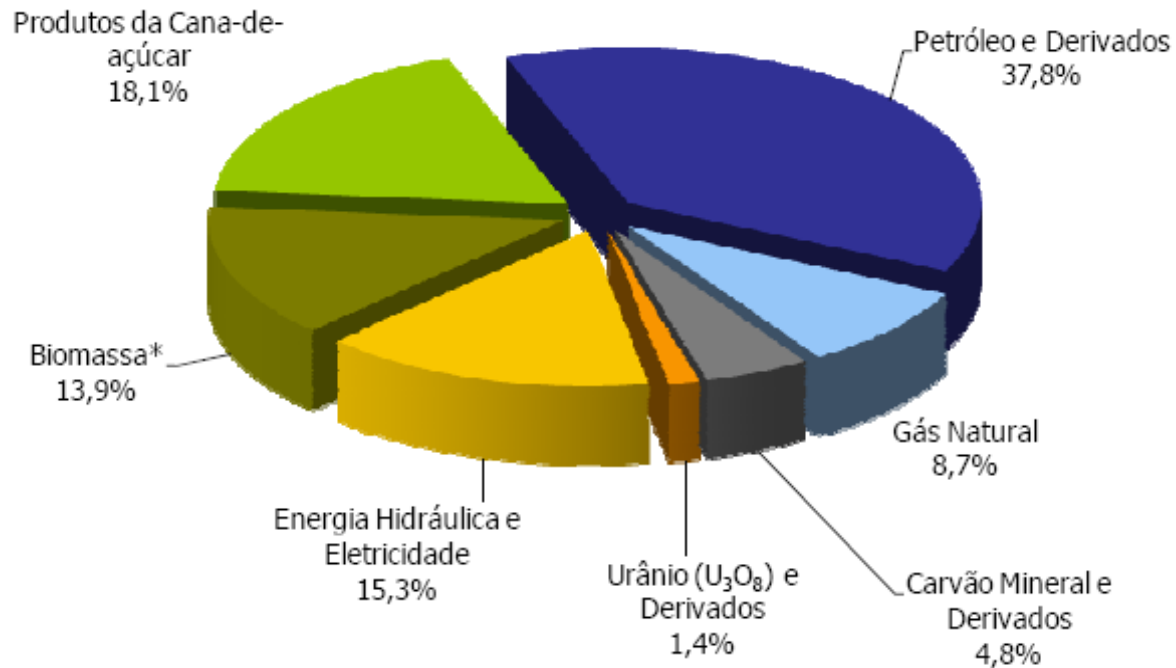
Matriz Mundial (Oferta Interna de Energia – tb 2015)

6.115 Mtep (1973) 12.029 Mtep(2007) (Fonte: EPE)



1 – Energia e o Balanço Energético

- Matriz Brasileira, Oferta Interna de Energia, 2010



Nota: * Inclui lenha, carvão vegetal e outras

1 – Energia e o Balanço Energético

Particularidades e Conceitos dos Sistemas Elétricos:

- Capacidade instalada – em geral MW – Em 2018:
 - Hidro = 104.139 MW Térmica = 40.523 MW
 - Eólica = 14.390 MW Solar = 1.798 MW
- Equilíbrio Geração e Consumo

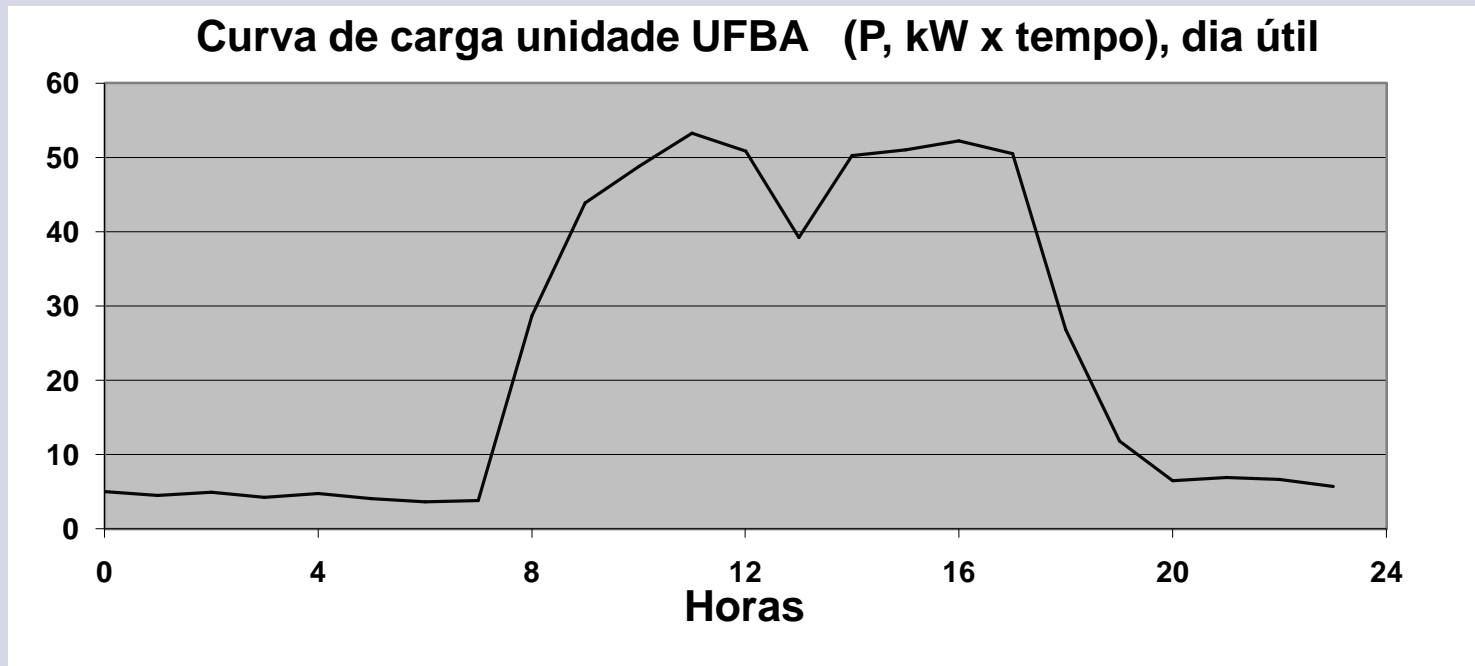
$$\sum P_g = \sum P_d + \sum P_{perdas}$$

Onde: P_g é a potência gerada nas i usinas, P_d é a potência demandada nas j unidades consumidoras, e P_{perdas} é a potência perdida nos k componentes do sistema.

1 – Energia e o Balanço Energético

Particularidades e Conceitos dos Sistemas Elétricos:

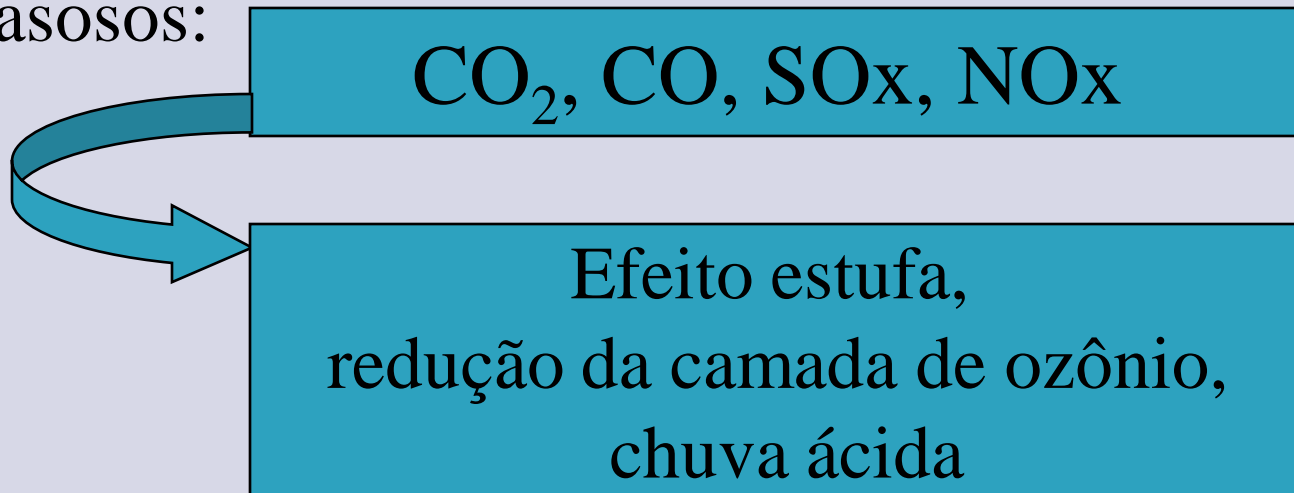
- Fator de capacidade – relação da potência média produzida e o total de potência instalada
- Horário de Ponta e Fora de Ponta



1 – Energia e o Balanço Energético

Efluentes resultantes da queima de combustíveis:

- Gasosos:



- Sólidos: Particulados e cinzas
- Líquidos: água de refrigeração, purgas e óleos lubrificantes

2 – Dados do Brasil e Mundial

Destaques das Referências 1 e 2:

- Participação Renováveis no Mundo (2-p.4, 5, 8 e 9)
- Participação **Renováveis no Brasil** (1-p.16)
- Repartição da Oferta Interna de energia (p.18 e 20)
- Consumo por fonte e quem usa no Brasil (p.22, 25)
- Fluxo Energético (Sankey, p.32)
- Energia Elétrica, matriz e comparação (p.35, 36)
- Orgulho Ger-MWh e Capacidade Instalada (p.37,40)
- Micro e Mini GD (p. 41)
- Emissões per capita, Intensidade na economia e na EE (p.48, 49, e 50)

2 – Brasil: renováveis

- Hidro – Início com PCH, depois grandes como Itaipu, Sobradinho, Tucuruí e Belo Monte
- Biomassa:
 - Cana-de-açúcar - etanol
 - Bagaço da cana - térmica
 - Setor industrial: mineração + Papel e celulose
- Eólica
- Solar – PV, mas o aquecimento de água nem aparece na matriz

2 – Dados de outros países

Brasil 298Mtep

- Mundiais, por continente (p.7 e 8) – África cresce não renováveis;
- Países letra A (p.9,10 – Alemanha, Argentina);
- Bélgica, Canadá, China, Coreia do Sul (p.12 a 15);
- Espanha, EEUU e Filipinas (p.18 e 19)
- França, Gana, Índia e Indonésia (p.20 e 22)
- Itália, Japão, México (p.24 e 26);
- Paraguai, Quênia e Reino Unido (p.29 e 30)
- Rússia, Singapura e Tailândia (p.32 e 34).

3 – Orgulho da matriz brasileira –

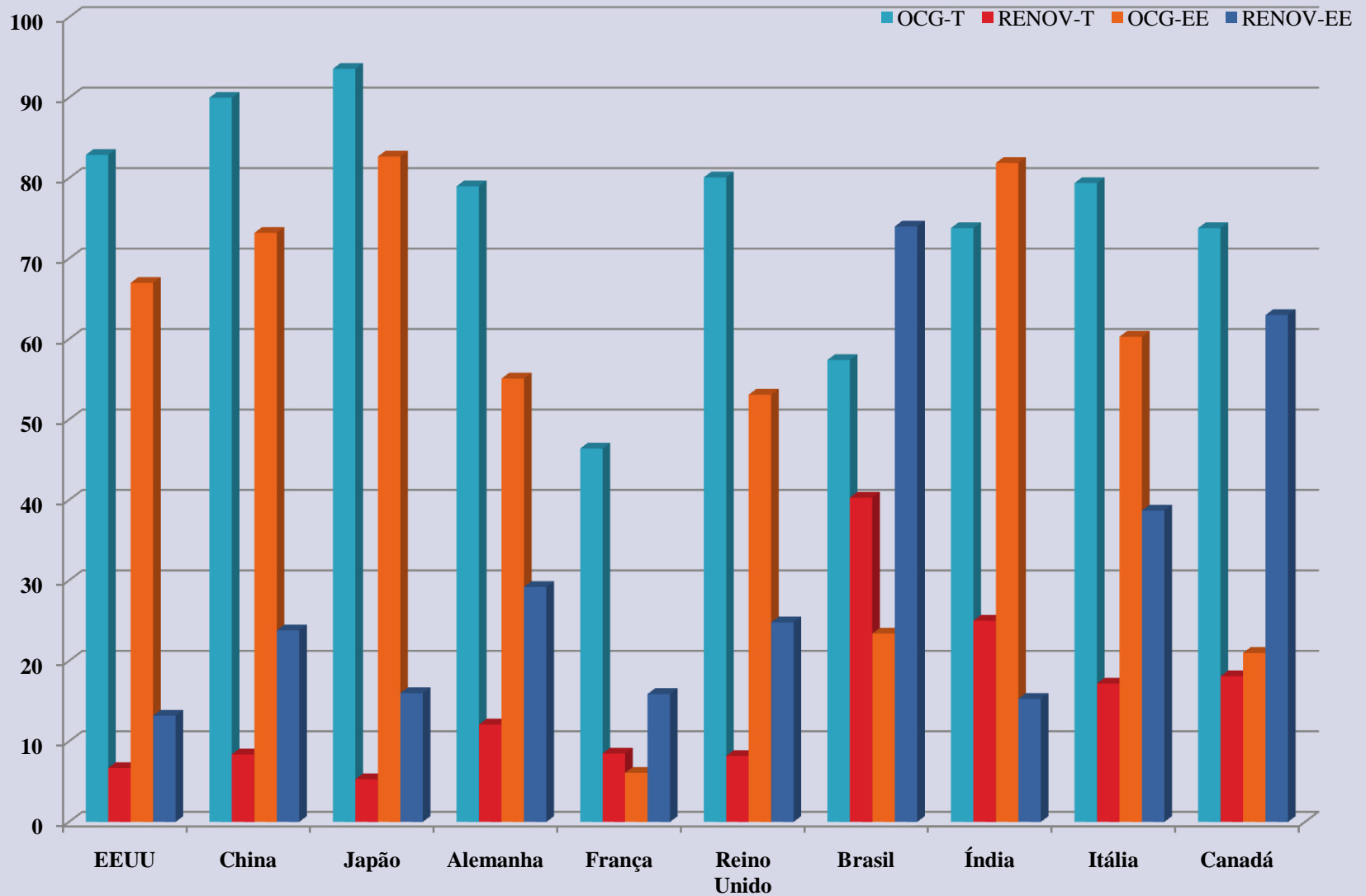
Por que?: Indicadores

- Participação das não renováveis óleo+carvão mineral+gás natural (OCG), e das renováveis na matriz total, bem como na matriz de energia elétrica;
- Dados per capita: renda, Oferta Interna de Energia (OIE), emissões de CO₂, e do consumo de energia elétrica;
- Dados econômicos: produção de energia, OIE, comércio, e emissões/PIB [kg/\$US]

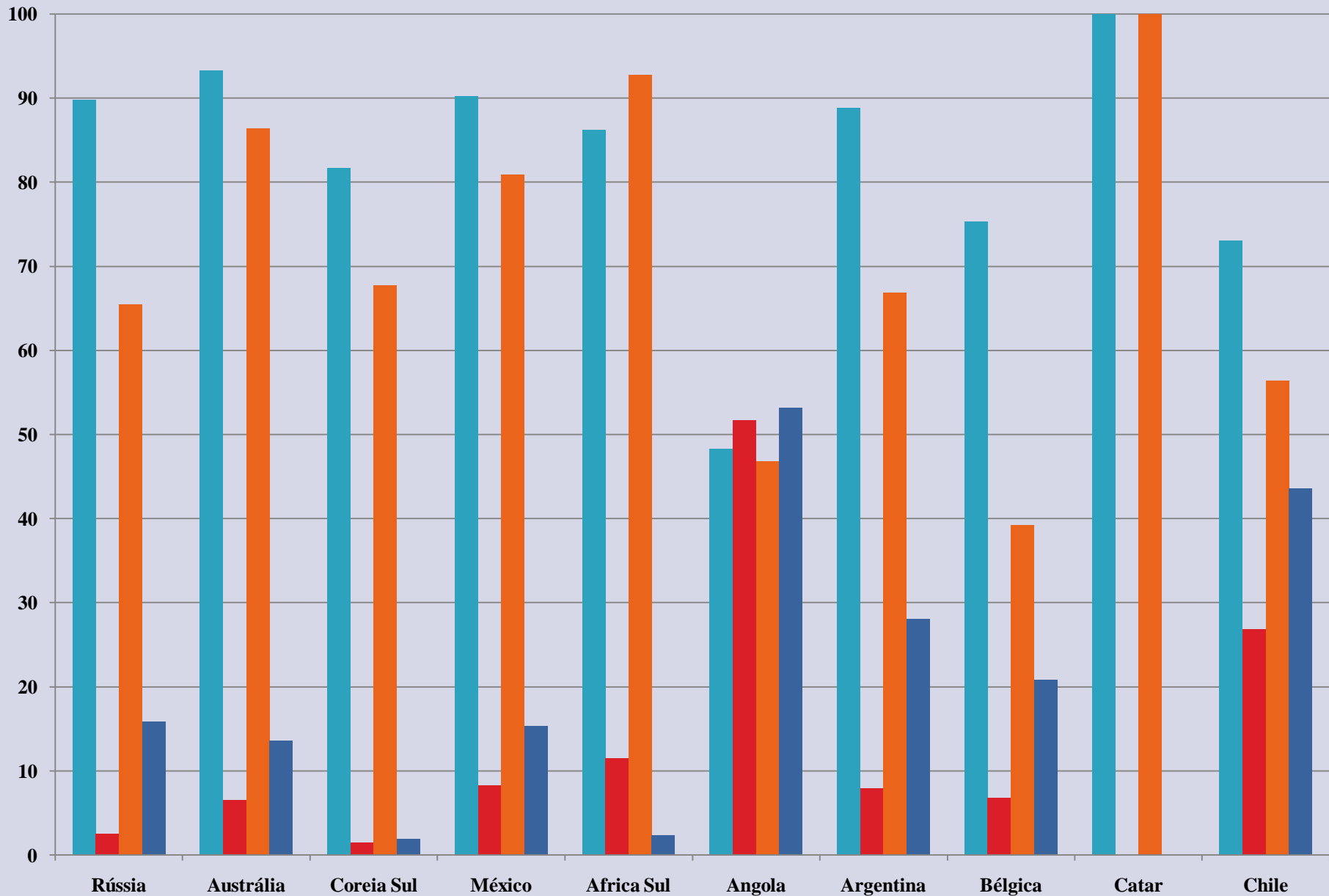
País	OCG-T	RENOV-T	OCG-EE	RENOV-EE
EEUU	82,9	6,7	67	13,2
CHINA	90	8,4	73,2	23,8
JAPÃO	93,6	5,3	82,7	16
ALEMANHA	79	12,1	55,1	29,2
FRANÇA	46,4	8,5	6,1	15,9
REINO UNIDO	80,1	8,2	53,1	24,8
BRASIL	57,4	40,3	23,4	74
ÍNDIA	73,8	25	81,9	15,3
ITÁLIA	79,4	17,2	60,3	38,7
CANADÁ	73,8	18,1	21	63
RÚSSIA	89,8	2,5	65,5	15,9
AUSTRÁLIA	93,3	6,5	86,4	13,6
CORÉIA SUL	81,7	1,5	67,8	1,9
MÉXICO	90,2	8,3	80,9	15,4

País	OCG-T	RENOV-T	OCG-EE	RENOV-EE
ÁFRICA SUL	86,2	11,5	92,8	2,3
ANGOLA	48,3	51,7	46,8	53,2
ARGENTINA	88,9	7,9	66,9	28,1
CATAR	100	0	100	0
CHILE	73,1	26,8	56,4	43,6
EMIRADOS ÁRABES	99,8	0,16	99,7	0,23
ESPAÑA	73,2	14,0	44,1	34,9
INDONÉSIA	66,6	33,4	89,4	10,7
NORUEGA	57,8	45,3	1,9	95,8
PARAGUAI	35,3	130	0	100
QUENIA	18,8	81,2	12,5	87,5
SINGAPURA	97,4	1,5	96,9	1,8
TAILANDIA	80,1	19,2	91,5	8,5
MUNDO	81,4	13,7	65,3	24,0

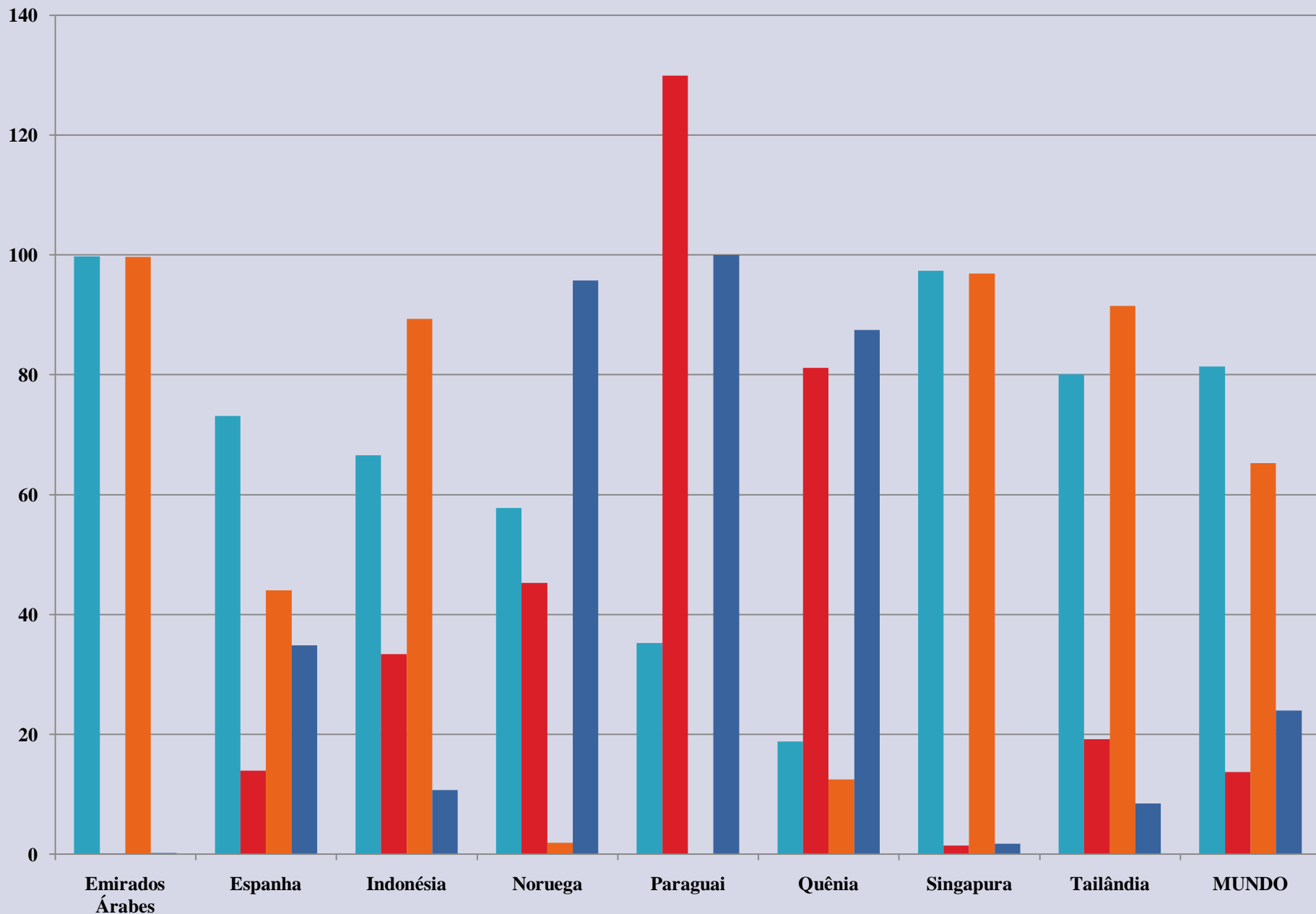
Participação do (O+C+G) e EE



Participação do (O+C+G) e EE



Participação do (O+C+G) e EE



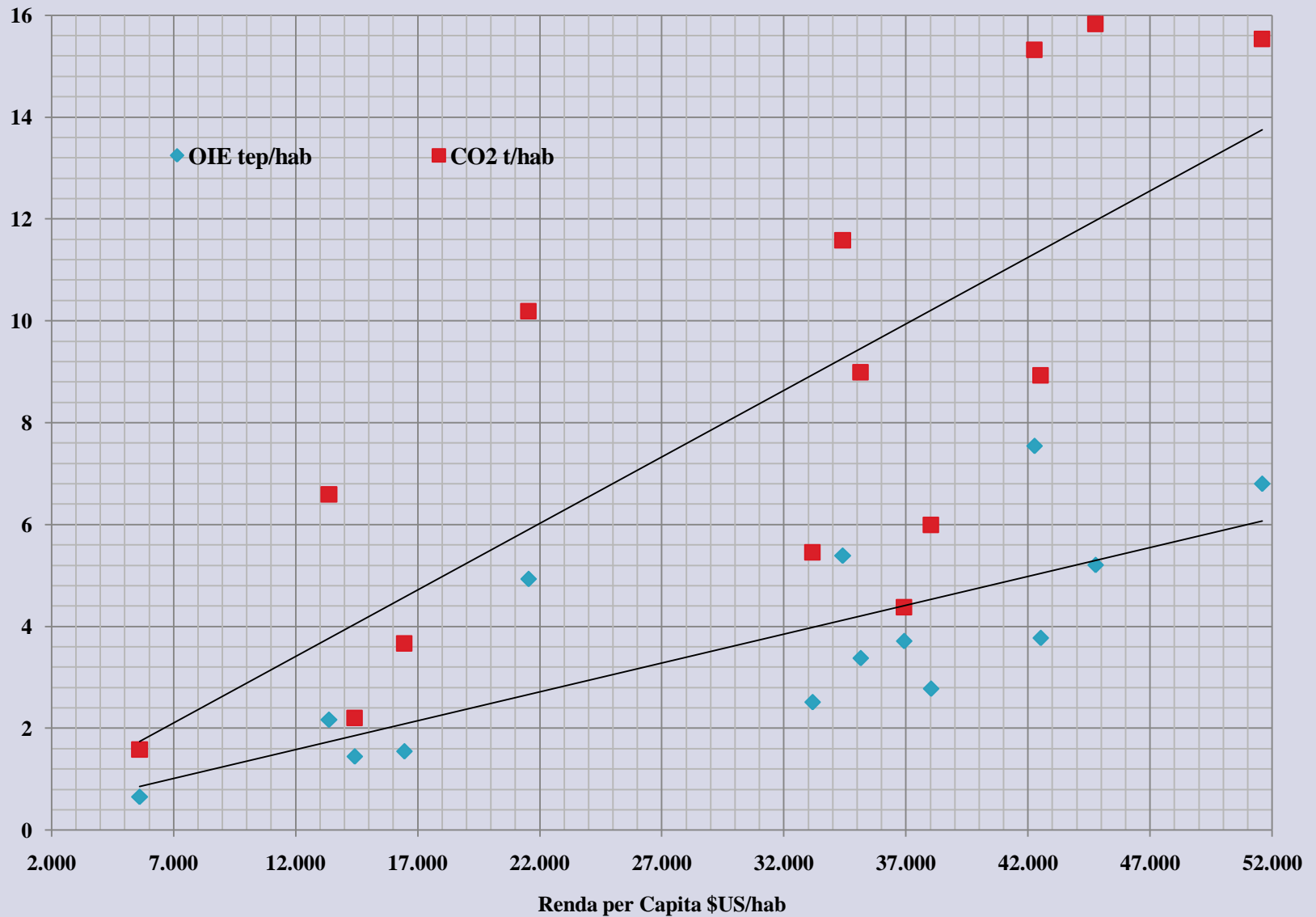
3 – Renda, OIE e emissões per capita

País	RENDA	OIE	CO2	Consumo EE
EEUU	51.593	6,80	15,53	12.833
CHINA	13.371	2,17	6,59	4.057
JAPÃO	35.142	3,38	8,99	7.865
ALEMANHA	42.520	3,77	8,93	7.014
FRANÇA	36.930	3,71	4,37	7.044
REINO UNIDO	38.036	2,78	5,99	5.082
BRASIL	14.416	1,45	2,20	2.555
ÍNDIA	5.617	0,65	1,58	859
ITÁLIA	33.181	2,51	5,45	5.099
CANADÁ	42.272	7,54	15,32	15.189
RÚSSIA	21.536	4,93	10,19	6.588
AUSTRÁLIA	44.767	5,21	15,83	9.891
CORÉIA SUL	34.413	5,39	11,58	10.557
MÉXICO	16.447	1,55	3,66	2.230

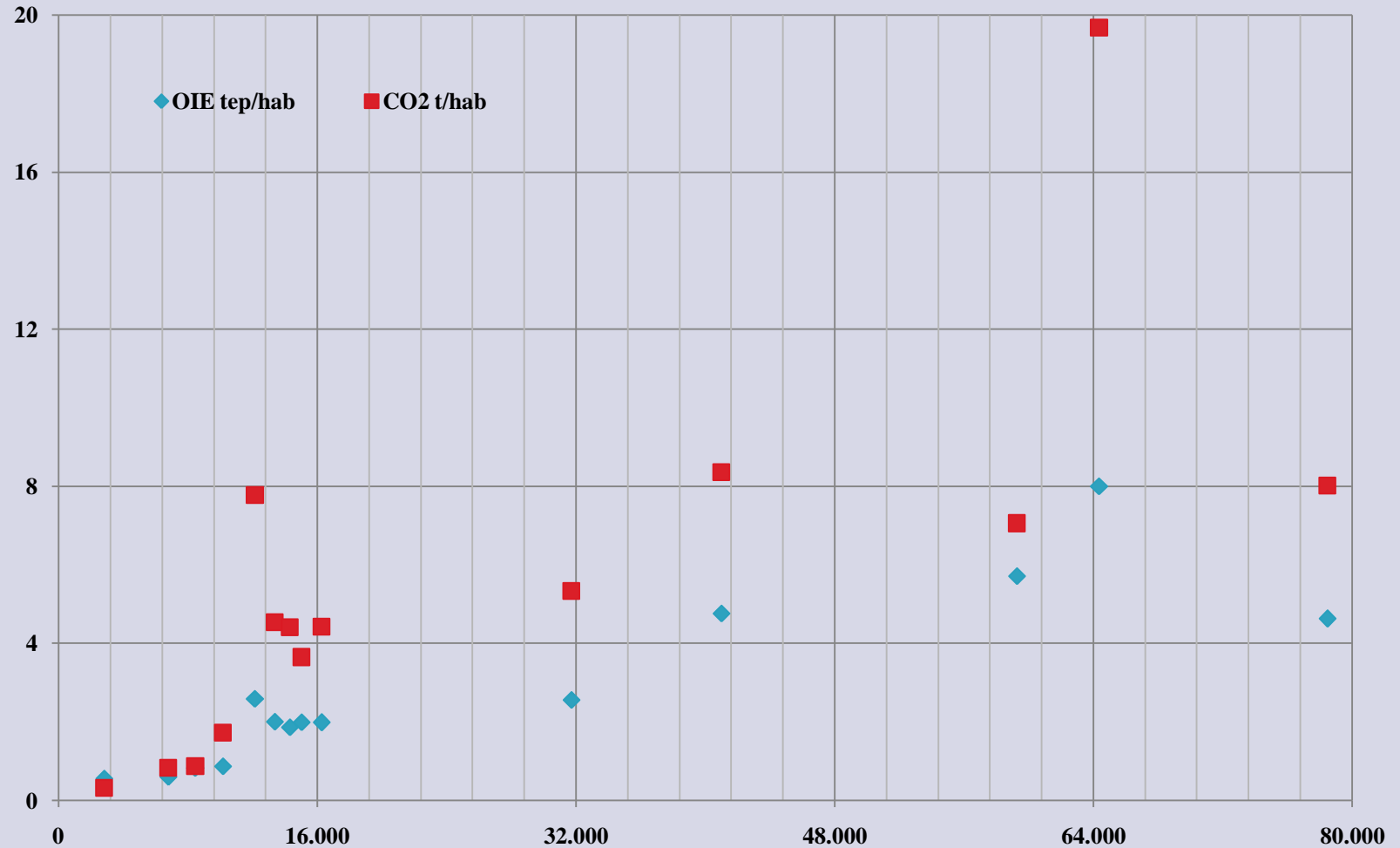
3 – Renda, OIE e emissões per capita

País	RENDA	OIE	CO2	Consumo EE
ÁFRICA SUL	12.157	2,58	7,77	4.149
ANGOLA	6.798	0,60	0,82	346
ARGENTINA	16.273	1,98	4,41	3.088
CATAR	131.549,1	20,29	35,71	17.420
CHILE	13.371	2,00	4,53	3.971
EMIRADOS ÁRABES	64.367	8,00	19,67	12.912
ESPAÑA	31.724	2,56	5,32	5.481
INDONÉSIA	10.175	0,87	1,72	823
NORUEGA	59.285	5,71	7,05	23.407
PARAGUAI	8.464	0,82	0,86	1.661
QUENIA	2.842	0,55	0,31	169
SINGAPURA	78.498	4,62	8,01	8.940
TAILANDIA	15.036	1,99	3,64	2.621
MUNDO	14.322	1,86	4,4	3.052

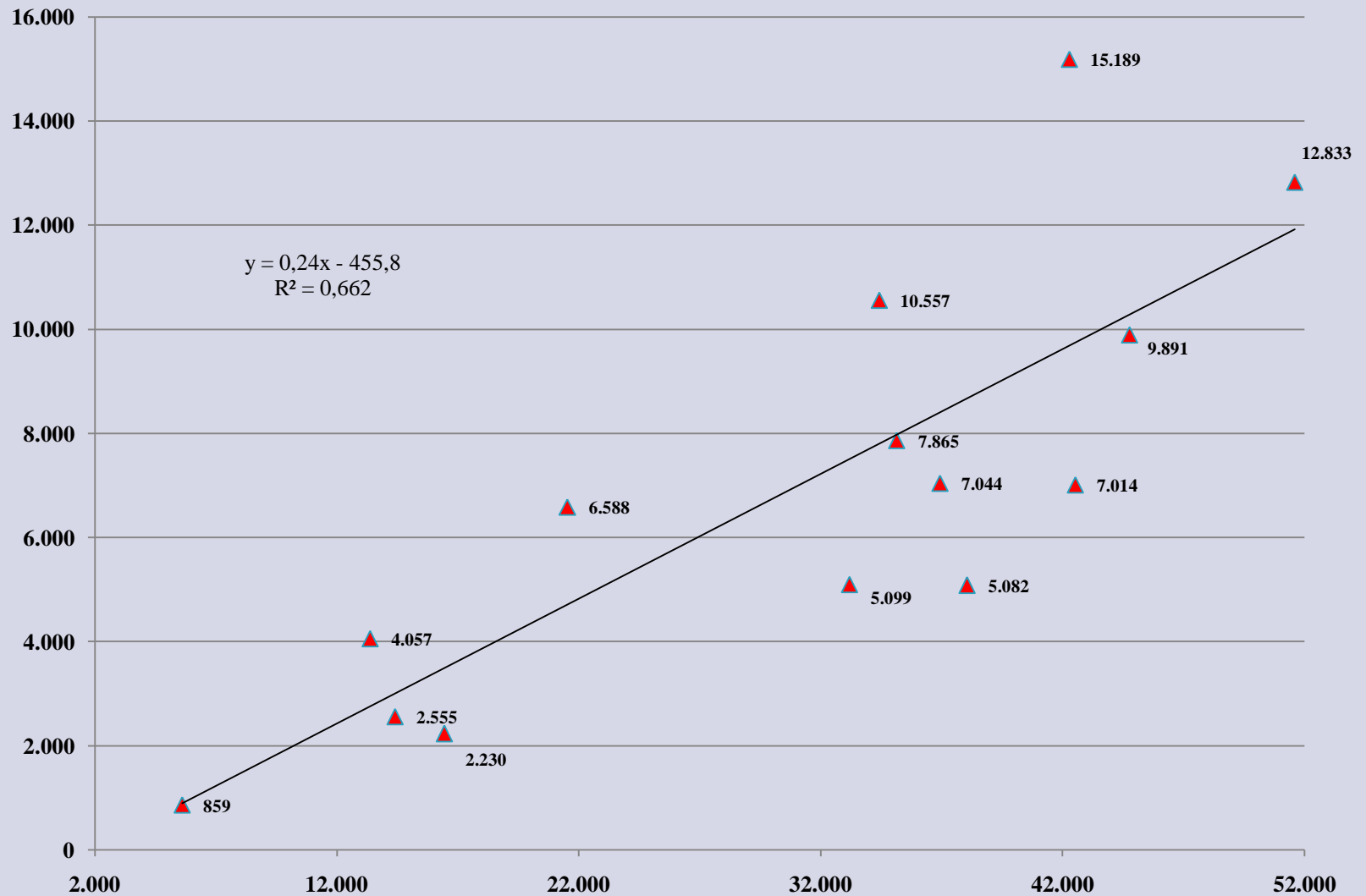
3 – Renda, OIE e emissões per capita



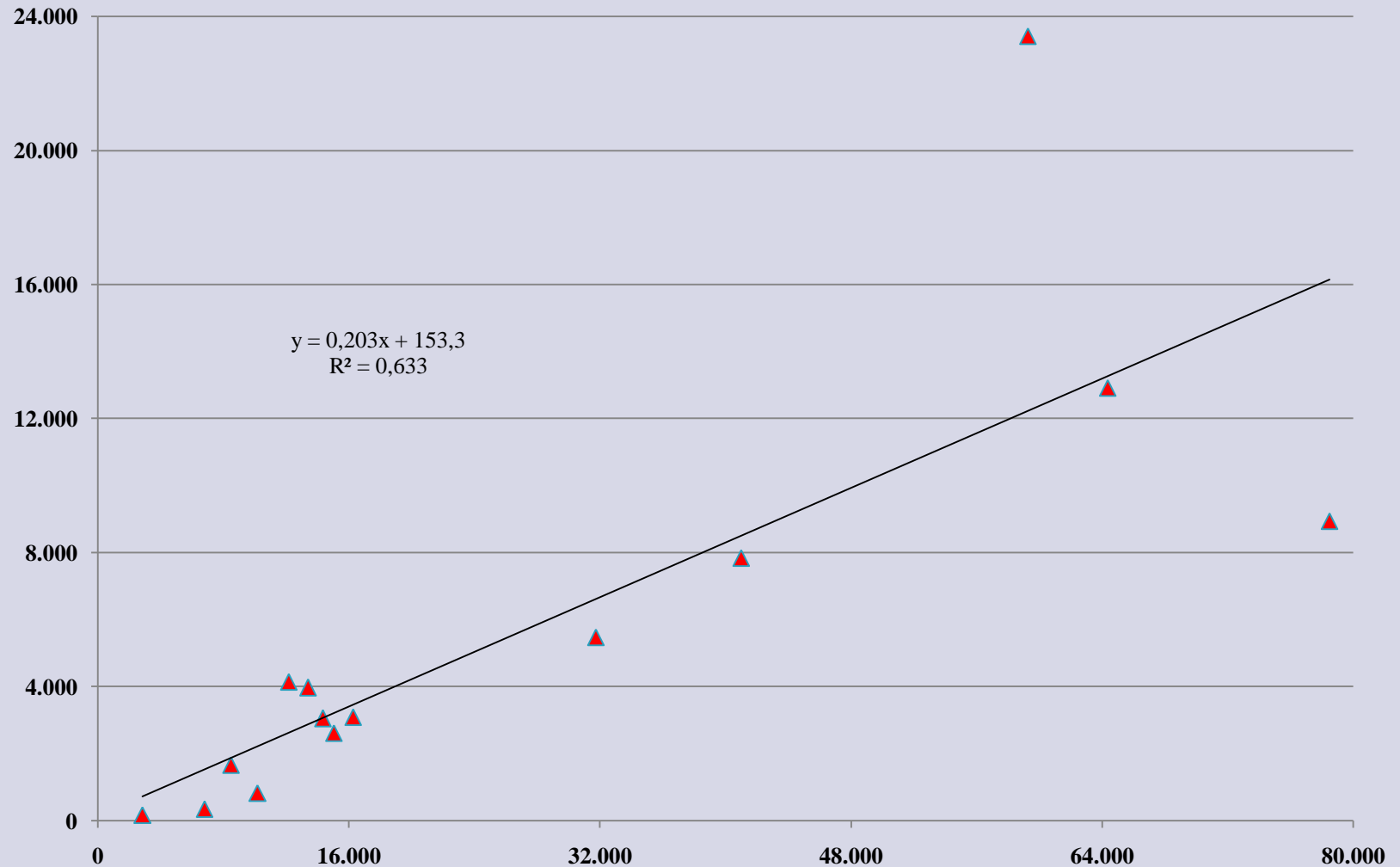
3 – Renda, OIE e emissões per capita



3 – Consumo de energia elétrica x renda



3 – Consumo de energia elétrica x renda



Econômicos: Prod., OIE, Com., CO₂/PIB

País	Produção	OIE (MtEp)	Comércio	CO ₂ /PIB
EEUU	2.018,5	2.188,3	257,7	0,30
CHINA	2.495,7	2.987,0	517,8	0,99
JAPÃO	30,3	429,8	409,1	0,19
ALEMANHA	119,6	307,8	198,3	0,20
FRANÇA	137,8	246,5	115,7	0,10
REINO UNIDO	119,0	180,7	72,3	0,15
BRASIL	279,4	298,0	25,3	0,19
ÍNDIA	554,4	851,1	306,8	0,90
ITÁLIA	36,1	152,6	121,5	0,16
CANADÁ	471,3	270,2	-199,2	0,31
RÚSSIA	1.334,2	709,7	-601,9	0,85
AUSTRÁLIA	381,3	125,3	-249,6	0,26
CORÉIA SUL	51,4	272,7	237,0	0,46
MÉXICO	191,8	187,4	-1,6	0,37

Econômicos: Prod., OIE, Com., CO₂/PIB

País	Produção	OIE (MtEp)	Comércio	CO ₂ /PIB
ÁFRICA SUL	167,4	142,0	-20,8	1,02
ANGOLA	99,7	15,0	-84,1	0,49
ARGENTINA	73,8	86,0	13,7	0,42
CATAR	221,3	45,4	-171,9	0,48
CHILE	12,9	36,1	24	0,31
EMIRADOS ÁRABES	229,6	73,3	-132,8	0,50
ESPAÑA	33,6	118,9	95,4	0,17
INDONÉSIA	425,9	225,4	-199,3	0,45
NORUEGA	208,1	29,6	-177,3	0,08
PARAGUAI	7,1	5,4	-1,7	0,22
QUENIA	20,4	25,1	5,4	0,27
SINGAPURA	0,6	25,6	77,1	0,15
TAILANDIA	75,2	135,2	64,9	0,63
MUNDO	13.790	13.647	-87,6	0,43

4 - Conclusões

- Importante a classificação das fontes de energia, reservas, custos, unidades;
- Vimos os países que mais consomem, produzem, exportam,
- Vimos alguns em desenvolvimento com boa participação de renováveis, porém baixo consumo per capita. Outros que desperdiçam são ineficientes, os poluidores;
- No mundo existe correlação entre consumo de energia, emissões e consumo EE com a renda;
- Necessário o uso do armazenamento de EE;
- As desigualdades são enormes!!

4 - Conclusões

- O Brasil consome pouca energia/hab, em especial a elétrica, tem matriz limpa tanto a global quanto a elétrica – **ORGULHO!!!**;
- Brasil é eficiente e com poucas emissões;
- Temos ainda grandes possibilidades com energia nuclear, com o gás natural e com as renováveis (solar, eólica e biomassa);
- Outras de vocês. Pesquisem, Analisem!

MAIS UMA VEZ OBRIGADO A TODOS!

Mini: Usina Francisco Borges, Acaraí, já desativada

