

BIJ-0207 Bases Conceituais da Energia

Aula 02 – Fontes de energia primária, cadeia energética e hidrelétrica, eólica, nuclear e biomassa

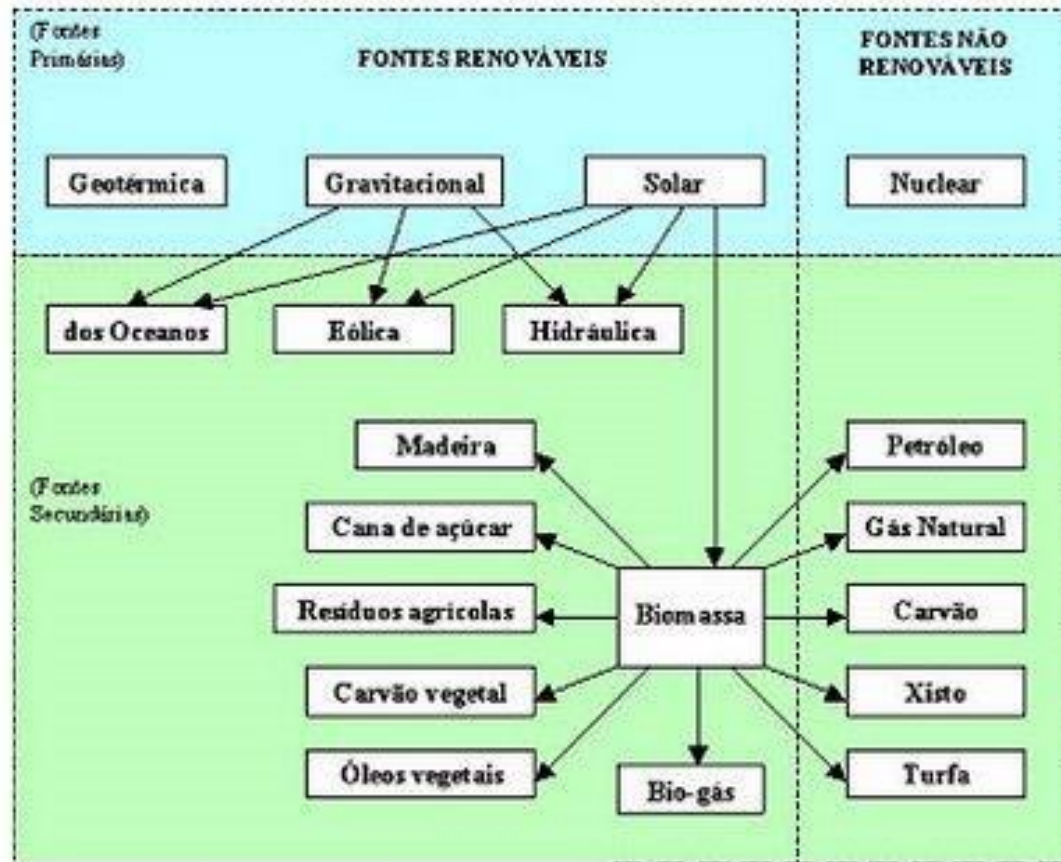
Prof. João Moreira

CECS - Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do ABC – UFABC

Principais tópicos

- ❑ Fontes de energia primária
 - ❑ Centros de transformação energética
 - ❑ Setor energético e cadeia energética
 - ❑ Potencial de energia primária
 - Hidrelétrica, eólica, urânio e biomassa
-

Principais fontes de energia disponíveis para a sociedade



A centralidade do Sol

- ❑ O Sol é a fonte de energia mais importante para o planeta Terra
 - ❑ O Sol provê o aquecimento diário e os ciclos de noite-dia, meses e anos
 - ❑ Ela é considerada uma fonte renovável simplesmente porque, na escala de vida do homem, não se espera que o Sol seja extinto
 - ❑ Fontes não renováveis fósseis também tem origem no Sol
 - Por exemplo, o petróleo que se origina da decomposição de matéria orgânica de milhões de anos atrás tem sua origem da energia do Sol. A matéria orgânica foi formada por meio da fotossíntese, ou fótons solares.
-

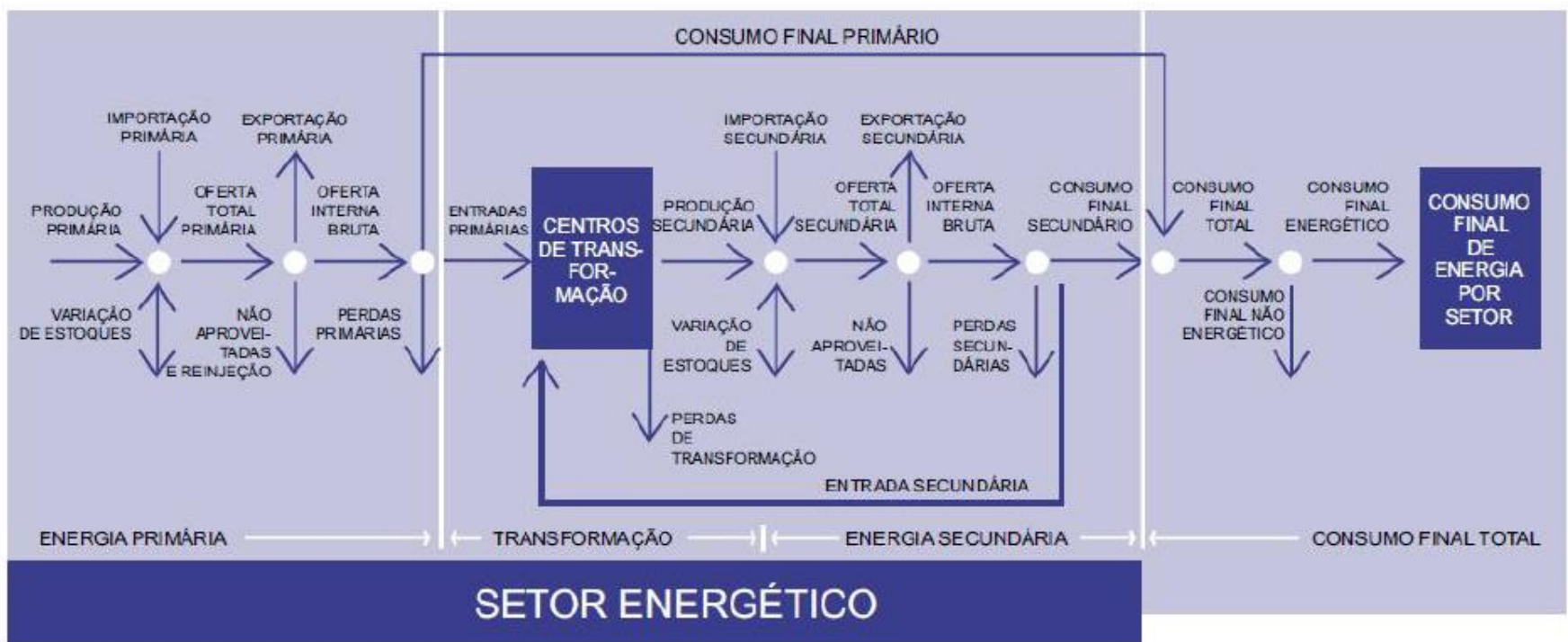
Energia primária, energia de uso final e eficiência energética

- Energia primária: energia disponível para a sociedade na sua forma natural – como encontrada na natureza
- Energia de uso final: energia na forma apropriada para o uso pela sociedade

$$\text{Eficiência energética} = \frac{\text{Energia de uso final}}{\text{Energia primária}}$$

Setor energético

- ❑ Energia primária, secundária e de uso final
- ❑ Centros de transformação



Energia primária e centros de transformação

- ❑ Petróleo, gás natural, carvão mineral, energia, hidráulica, lenha, resíduos vegetais e animais, energia solar, energia eólica, minério de urânio, etc
- ❑ Centro de transformação: sistema industrial no qual entra energia primária e se fornece energia secundária (uma ou mais formas); ocorrem perdas no processo
 - Refinarias de petróleo,
 - Plantas de gás natural,
 - Usinas nucleares,
 - Centrais hidroelétricas,
 - Carvoarias e destilarias, etc.

Energia secundária:
energia provida pelos
centros de transformação

Energia útil

- Energia útil é a energia disponível ao consumidor depois da última conversão feita nos seus próprios equipamentos;
 - É a energia fornecida aos equipamentos, diminuída das perdas na conversão
 - Processos típicos que requerem energia útil
 - Força Motriz
 - Calor de Processo, aquecimento direto
 - Refrigeração
 - Iluminação
 - Eletroquímica
-

Perdas

- ❑ Ocorrem perdas nos processos de transformação e também nos processos de distribuição e armazenagem
 - ❑ Perdas em distribuição e armazenagem em:
 - gasodutos
 - oleodutos
 - linhas de transmissão elétrica
 - redes de distribuição elétrica
 - caminhões e trens, etc.
-

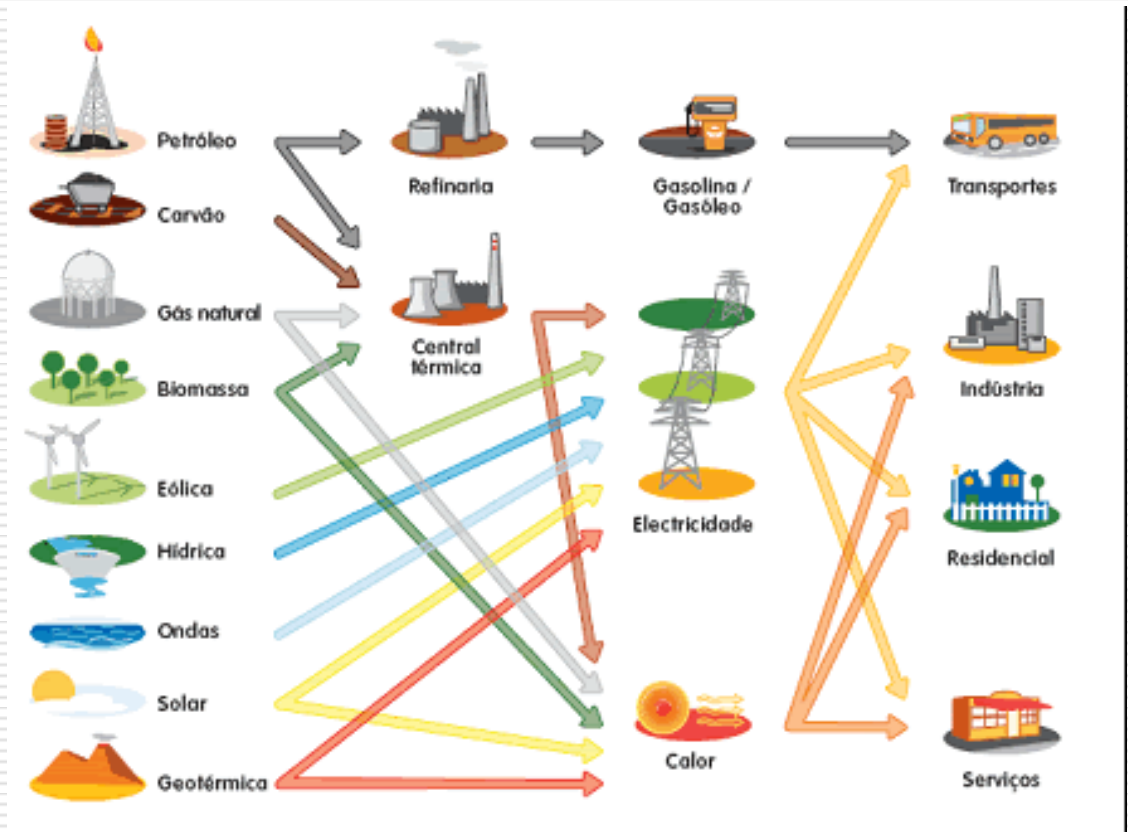
Programas de eficiência energética

- ❑ Com base nos rendimentos dos processos de transformação estima-se a energia útil
 - ❑ A identificação desta energia “útil” permite identificar:
 - quais setores econômicos são energeticamente menos eficientes
 - quais as formas de energia são utilizadas com maior eficiência nos vários processos
 - possíveis programas de substituição e de conservação de energia
-

Cadeia energética

Cadeia energética com:

- fontes de energia primária,
- centros de transformação,
- energia secundária
- consumidores finais

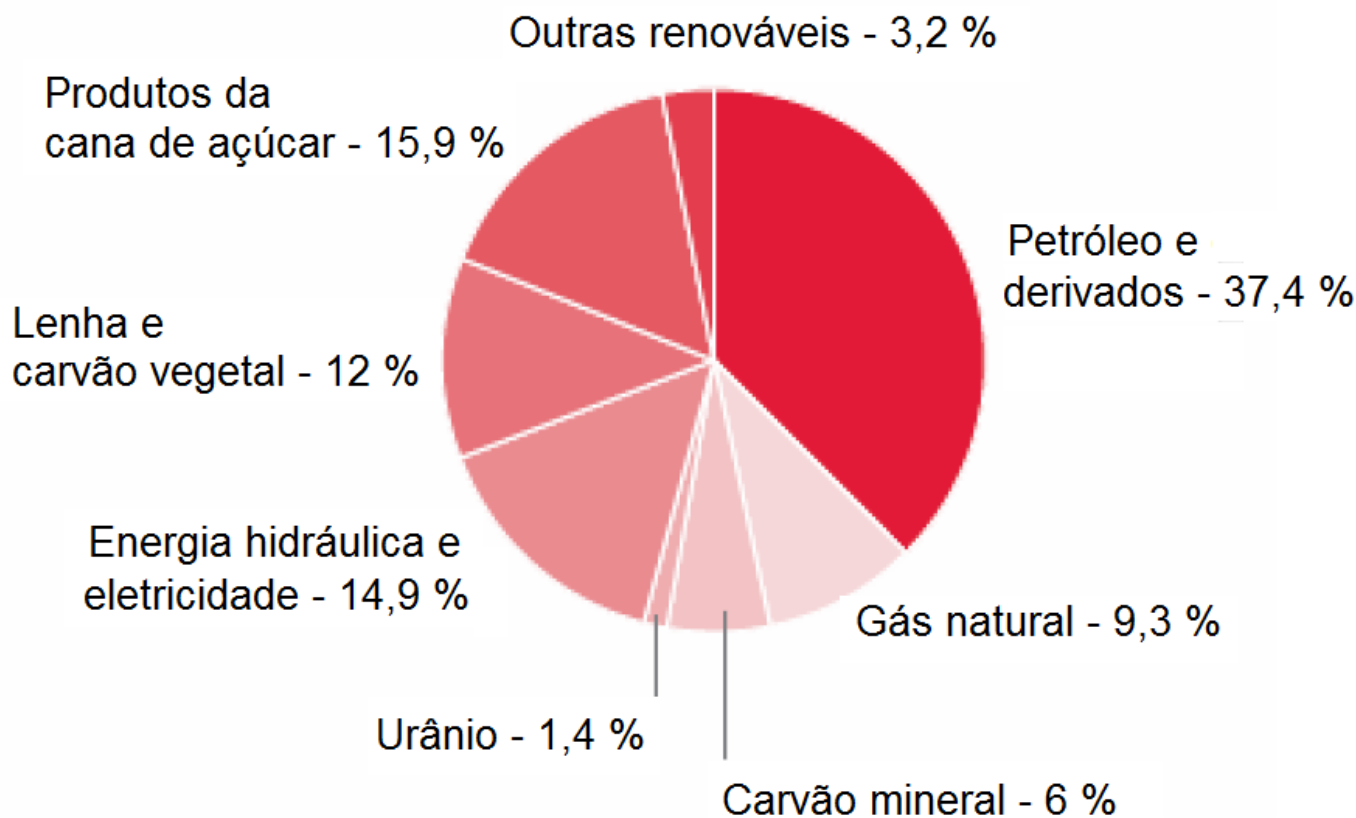


Oferta de energia primária no Brasil em 2006 e 2007 (em 1000 tep)

Energético	2007	2006	Δ %
Oferta Total	238.758	226.344	5,5%
Energia Não Renovável	129.102	124.464	3,7%
Petróleo e Derivados	89.239	85.545	4,3%
Gás Natural	22.199	21.716	2,2%
Carvão Mineral e Derivados	14.356	13.537	6,1%
Urânio (U_3O_8) e Derivados	3.309	3.667	-9,8%
Energia Renovável	109.656	101.880	7,6%
Energia Hidráulica e Eletricidade	35.505	33.537	5,9%
Lenha e Carvão Vegetal	28.628	28.589	0,1%
Produtos da Cana-de-açúcar	37.847	32.999	14,7%
Outras Renováveis	7.676	6.754	13,7%

Fonte: BEN 2009
1 tep = 1×10^7 Kcal

Oferta interna de energia no Brasil em 2007 (epe)



Consumo de eletricidade no Brasil em 2010-2013

Tabela 5 – Brasil: Consumo de eletricidade na rede, por subsistema (GWh)

Ano	Subsistema				SIN	Sistemas Isolados	Brasil
	Norte	Nordeste	Sudeste/CO	Sul			
2010	28.813	59.015	250.503	71.024	409.355	6.510	415.865
2014	43.318	72.372	306.125	83.737	505.552	1.239	506.791
2019	58.152	92.561	377.355	103.162	631.229	1.805	633.033
Variação (% ao ano)*							
2010-2014	10,5	5,9	5,6	4,7	5,9	-31,2	5,5
2015-2019	6,1	5,0	4,3	4,3	4,5	7,8	4,5
2010-2019	8,2	5,4	5,0	4,5	5,2	-13,9	5,0

Fonte: epe



Potencial de energia primária



Potencial hidrelétrico do Brasil

- ❑ Condições privilegiadas para elevado potencial para geração hidrelétrica
 - Pequenas montanhas e plateaus (100 a 1000 m) favorecem formação de rios e quedas
 - Chuvas abundantes (exceto no NE)
 - Grandes vazões dos rios
 - ❑ Grande impacto ambiental e social
 - Necessidade de barragens
 - Grandes hidrelétricas disponíveis na região amazônica
 - ❑ Brasil – 85 % da eletricidade do Brasil
 - ❑ Mundo – 16 % da eletricidade do mundo
-

Potencial hidrelétrico no Brasil

Potencial hidrelétrico = 260 GW

Potencial utilizado (28,5%) = 74 GW

Utilização nos EUA, Japão e UE: 70% de aproveitamento \approx limite superior

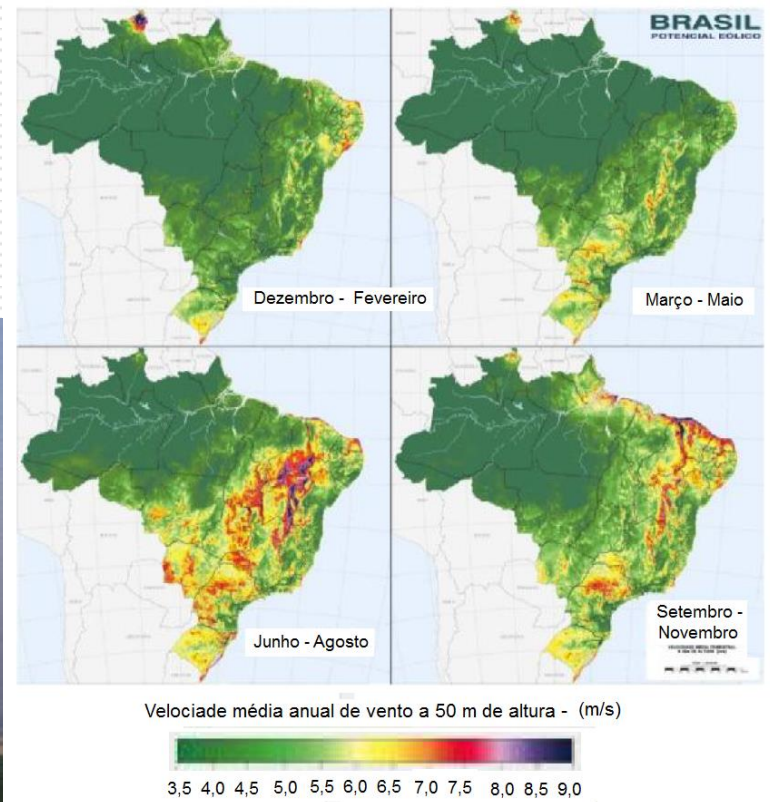
REGIÃO	POTÊNCIA INSTALADA (GW)	POTENCIAL (GW)	APROVEITAMENTO (%)
Norte	9	111	8,1
Nordeste	11	26	42,3
Sudeste	24	44,6	53,8
Sul	20	43,1	46,4
Centro-Oeste	10	35,3	28,3
TOTAL	74	260	28,5

Usinas hidrelétricas

- Itaipu – 14200 MW – rio Paraná
 - Tucuruí – 8370 MW – rio Tocantins
 - Usinas hidrelétricas médias - inúmeras
 - $100 \text{ MW} < P < 2000 \text{ MW}$
 - Pequenas hidrelétricas (PCH) $P < 50 \text{ MW}$ – inúmeras
 - Em construção
 - Santo Antônio – 3150 MW – rio Madeira
 - Jirau – 3300 MW – rio Madeira
 - Belo Monte – 11233 MW – rio Xingu
-




Potencial eólico

O potencial eólico é sazonal, pois varia ao longo do ano



Potencial eólico do Brasil



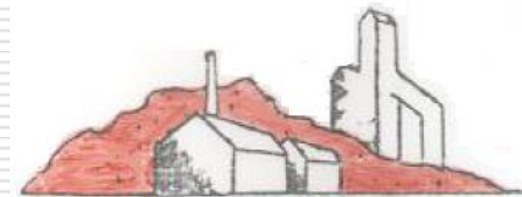
INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADES					
REGIÃO	VENTO [m/s]	ÁREA [km ²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	FATOR DE CAPACIDADE	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]
NORTE 	6 - 6,5	11460	22,92	0,13	25,58
	6,5 - 7	6326	12,65	0,17	18,46
	7 - 7,5	3300	6,60	0,20	11,33
	7,5 - 8	1666	3,33	0,25	7,15
	8 - 8,5	903	1,81	0,30	4,65
	>8,5	551	1,10	0,35	3,31
NORDESTE 	6 - 6,5	146589	293,18	0,13	327,19
	6,5 - 7	60990	121,96	0,17	178,02
	7 - 7,5	24383	48,77	0,20	83,73
	7,5 - 8	9185	18,37	0,25	39,43
	8 - 8,5	3088	6,18	0,30	15,91
	>8,5	870	1,74	0,35	5,23
CENTRO-OESTE 	6 - 6,5	41110	82,22	0,13	91,76
	6,5 - 7	8101	16,20	0,17	23,65
	7 - 7,5	1395	2,79	0,20	4,79
	7,5 - 8	140	0,28	0,25	0,60
	8 - 8,5	6	0,01	0,30	0,03
	>8,5	0	0,00	0,35	0,00

Potencial eólico do Brasil

INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADES					
REGIÃO	VENTO [m/s]	ÁREA [km ²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	FATOR DE CAPACIDADE	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]
SUDESTE 	6 - 6,5	114688	229,38	0,13	255,99
	6,5 - 7	46302	92,60	0,17	135,15
	7 - 7,5	11545	23,09	0,20	39,64
	7,5 - 8	2433	4,87	0,25	10,44
	8 - 8,5	594	1,19	0,30	3,06
	>8,5	297	0,59	0,35	1,78
SUL 	6 - 6,5	121798	243,60	0,13	271,86
	6,5 - 7	38292	76,58	0,17	111,77
	7 - 7,5	9436	18,87	0,20	32,40
	7,5 - 8	1573	3,15	0,25	6,75
	8 - 8,5	313	0,63	0,30	1,61
	>8,5	57	0,11	0,35	0,34

Urânio – energia nuclear

- ❑ O urânio é extraído, purificado e concentrado na forma de um sal de cor amarela, conhecido como yellowcake
- ❑ Mineração de urânio e beneficiamento produzindo U_3O_8
- ❑ Extração ocorre em Lagoa Real, Caetité, Bahia
- ❑ Produção atual é de 400 t/ano
- ❑ Reservas de U_3O_8 somam 309 mil toneladas (5,9 % das reservas mundiais conhecidas)

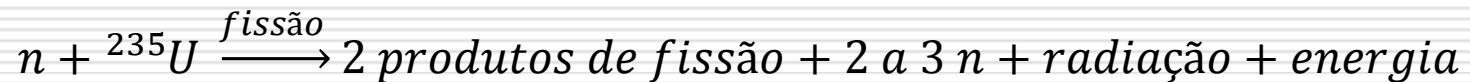


Mina de urânio e usina de beneficiamento



Potencial energético do urânio

- O urânio natural tem 2 isótopos principais:
 - ^{238}U – 99,3 % na natureza
 - ^{235}U – 0,7 % na natureza
- A fissão do ^{235}U na reação com nêutrons (n) libera ~200 MeV de energia



Mineração de urânio da Indústrias Nucleares do Brasil - INB



INB CAETITÉ (LAGOA REAL/BA)

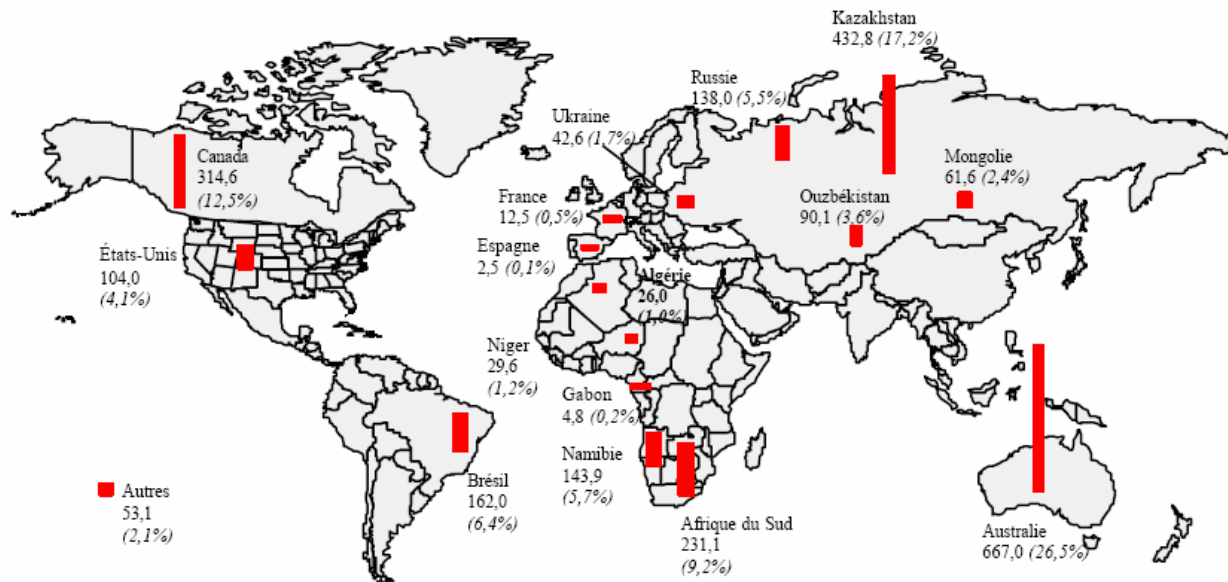
Produção atual: 400 t/ano



Reservas mundiais de urânio

Réserves mondiales prouvées d 'uranium* (1. 1. 2001)

Unité : Millier de tonnes



Total monde : 2 516,1 milliers de tonnes (hors Chili et Chine)

(*) ressources raisonnablement assurées récupérables à moins de 80\$/kg U

Source : Observatoire de l'énergie d'après AIEA/OCDE 2001

Unidade: 1000 t

Biomassa

- ❑ Do ponto de vista da geração de energia, o termo **biomassa** abrange os derivados de organismos vivos utilizados como combustíveis
 - ❑ Deriva de produtos vegetais e animais:
 - Resíduos florestais, da indústria da madeira e de culturas agrícolas
 - Resíduos sólidos urbanos – biogás
 - Produtos recicláveis
 - Cana de açúcar – etanol (transporte) e
 - Bagaço da cana (geração elétrica)
 - Palmas, mamona, soja – biodiesel
-

Características da biomassa

- ❑ A biomassa é um recurso natural renovável, enquanto que os combustíveis fósseis não se renovam a curto prazo.
 - ❑ Processos de geração de energia: combustão, etanol, biodiesel, biogás e outros.
 - ❑ Parte da energia contida na biomassa é empregada pelo ecossistema para sua própria manutenção.
 - ❑ Tem baixo custo, é renovável e permite o reaproveitamento de resíduos.
 - ❑ A queima de biomassa provoca a liberação de dióxido de carbono na atmosfera, mas este composto é previamente absorvido para a constituição das plantas.
 - O balanço de emissões de CO₂ é nulo.
-

Produtos energéticos da biomassa

- ❑ Bio-óleo: líquido negro obtido por meio do processo de pirólise cujas destinações principais são aquecimento e geração de energia elétrica.
 - ❑ Biogás: metano obtido juntamente com dióxido de carbono por meio da decomposição de materiais como resíduos, alimentos, esgoto e digestores de biomassa.
 - ❑ Biomassa para líquidos: líquido obtido em duas etapas:
 - 1) Processo de gaseificação.
 - 2) Processo de Fischer-Tropsch.
 - Pode ser empregado na composição de lubrificantes e combustíveis líquidos para utilização em motores do ciclo diesel.
-

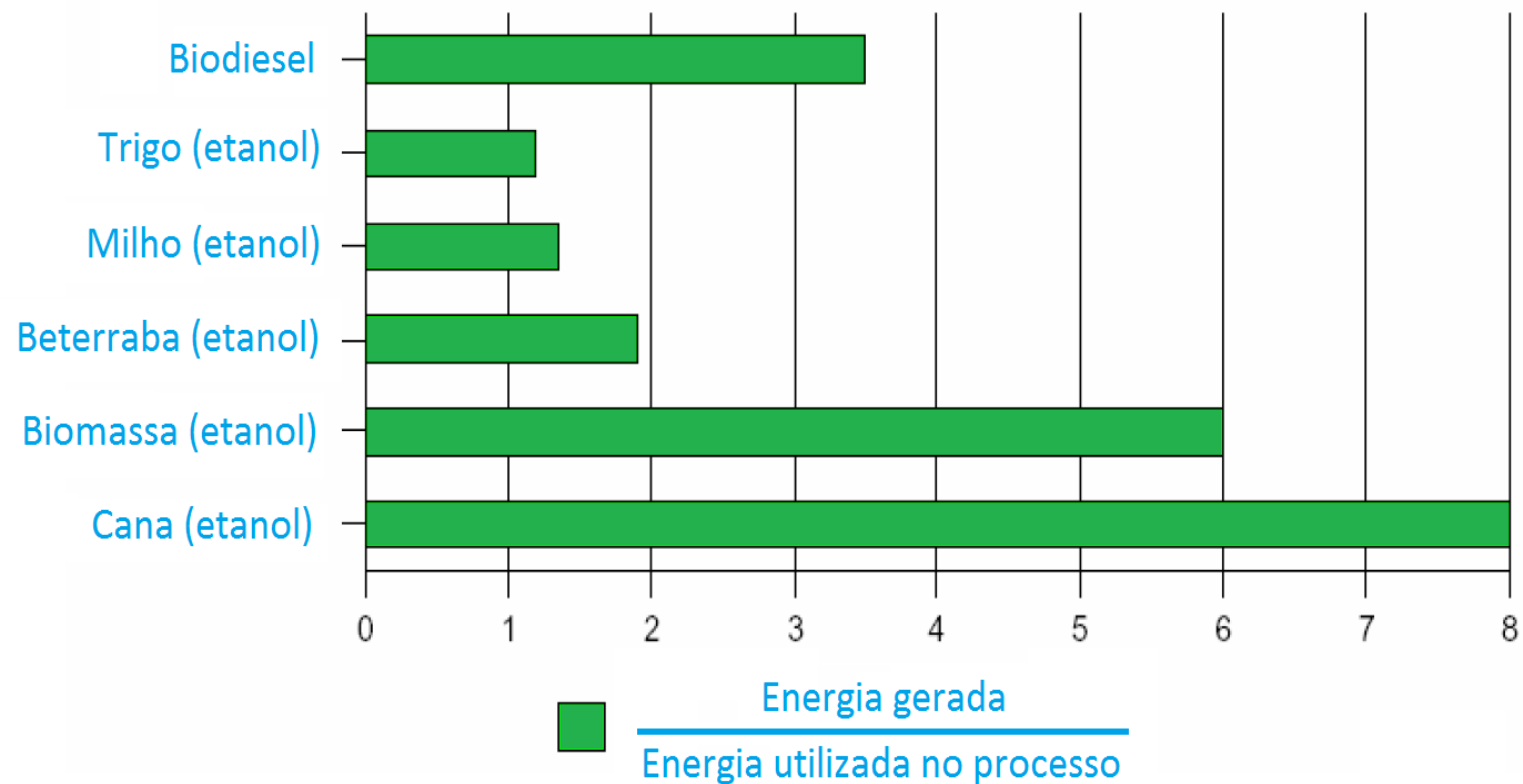
Produtos energéticos da biomassa

- ❑ Etanol celulósico: etanol obtido alternativamente por dois processos. Em um deles a biomassa, formada basicamente por moléculas de celulose, é submetida ao processo de hidrólise enzimática, utilizando várias enzimas, como a celulase, celobiase e β -glicosidase. O outro processo é composto pela execução sucessiva das três seguintes fases: gaseificação, fermentação e destilação.
 - ❑ Etanol "comum": feito no Brasil à base do sumo extraído da cana de açúcar (caldo de cana). Há países que empregam milho (caso dos Estados Unidos) e beterraba (da França) para a sua produção. O sistema à base de cana-de-açúcar empregado no Brasil é mais viável do que o utilizado pelo americano e francês.
-

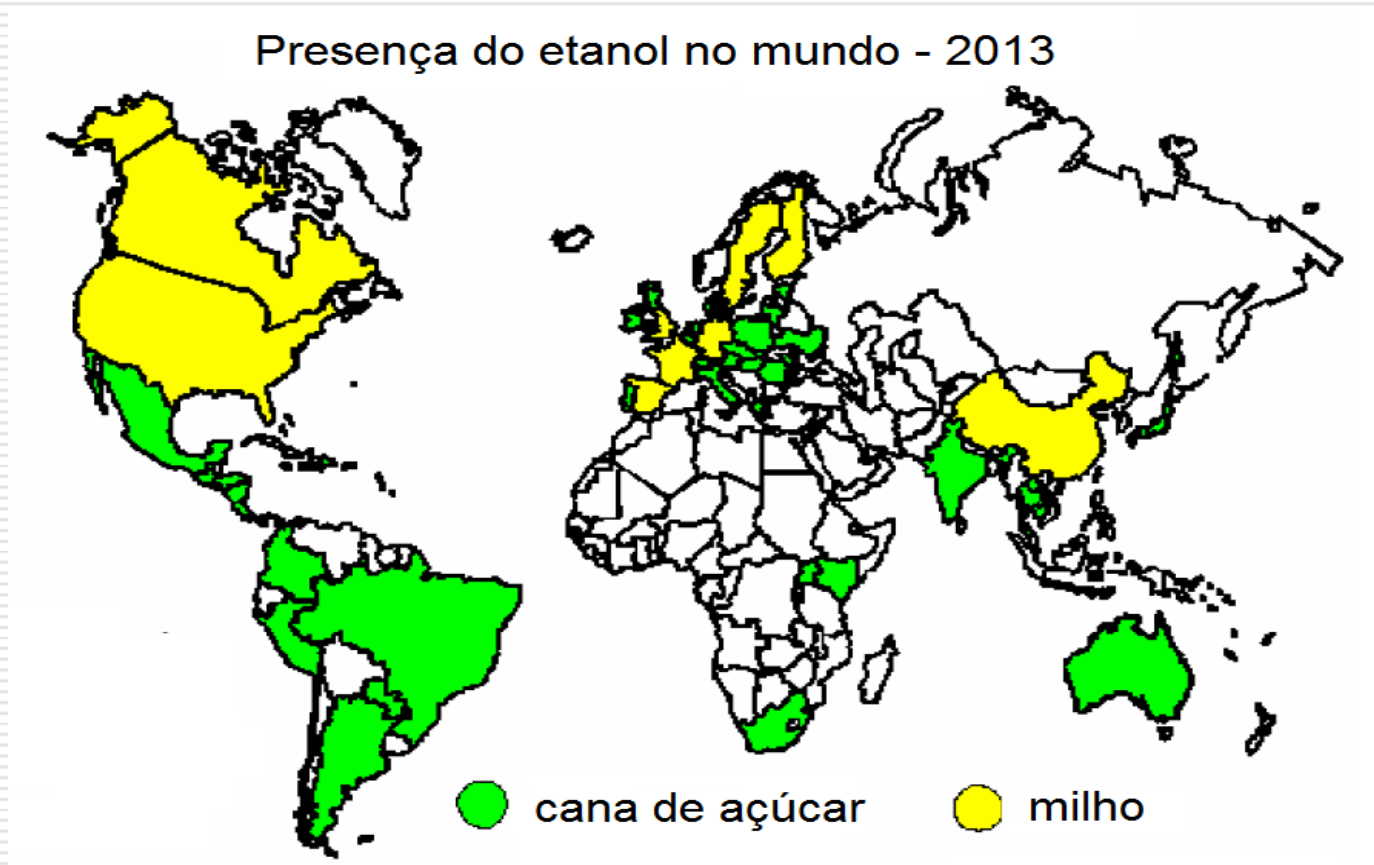
Produtos energéticos da biomassa

- ❑ Biodiesel: ester produzido com óleos vegetais como do dendê, da mamona, do sorgo e da soja, etc.
 - ❑ Óleo vegetal: pode ser usado em motores diesel.
 - ❑ Lenha: forma mais antiga de utilização da biomassa.
 - ❑ Carvão vegetal: sólido negro obtido pela carbonização pirogenal da lenha ou carbonização hidrotérmica.
 - ❑ Turfa: material orgânico, semidecomposto encontrado em regiões pantanosas
-

Balanco de energia para o etanol para várias matéria- primas



Etanol no mundo





Fim

