

Plano Nacional de Energia 2030



Petróleo e Derivados

Plano Nacional de Energia 2030

Petróleo e Derivados

Roteiro

| | |
|--------------------------------|---|
| Observações Iniciais | 1 |
| Petróleo e Derivados no Mundo | 2 |
| Aspectos tecnológicos | 3 |
| Petróleo e Derivados no Brasil | 4 |
| Geração de eletricidade | 5 |

Observações Iniciais

Observações iniciais

Metodologia de trabalho: reuniões temáticas

- Durante os meses de fevereiro e março de 2006, a EPE promoveu uma série de **reuniões temáticas**, direcionadas para os **estudos da oferta**.
- No dia **14 de março**, no Escritório Central da empresa, teve lugar a que se ocupou do tema **Petróleo**.
- Os depoimentos e os esclarecimentos colhidos nessas reuniões fazem parte do material de referência utilizado nos estudos da oferta.
- No caso do **Petróleo** foram especialmente importantes, seja por sua relevância intrínseca, dada a qualificação dos profissionais convidados, seja por sua atualidade.

Observações iniciais

Convidados para o tema Petróleo

- **Alexandre Salem Szklo**, doutor em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ, professor e pesquisador do Programa de Planejamento Energético da mesma instituição.
- **Giovani Vitória Machado**, doutor em Planejamento Energético pela COPPE/UFRJ, professor colaborador e pesquisador do Programa de Planejamento Energético da mesma instituição.
- **José Henrique Danemberg**, gerente da área de Estratégia e Desempenho Empresarial/ Estudos de Mercado e Negócios da Petrobras.
- **Rafael Resende**, economista pleno da Petrobras.
- **Roberto Schaeffer**, doutor pela *University of Pennsylvania* e professor do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ.

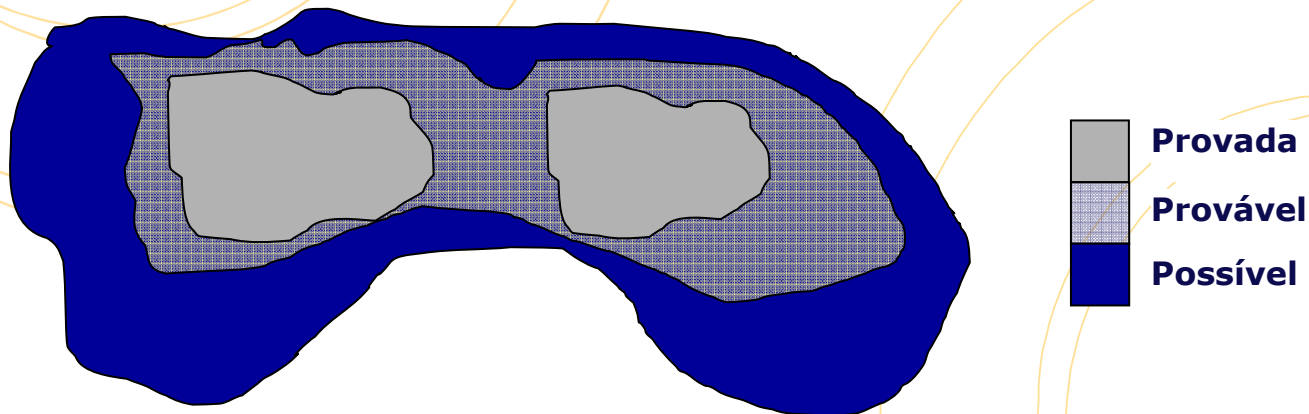
Outras referências importantes no tema

Balanco Energético Nacional, MME: 2005; EPE: 2005
BP Statistical Review of World Energy. British Petroleum, 2006.

Observações iniciais: **Conceitos utilizados**

Recursos e Reservas

- **Recursos:** O termo recursos inclui tanto as reservas, que são volumes a produzir, contidos em campos descobertos, quanto o potencial, que se refere ao volume estimado recuperável a partir de jazidas não descobertas, inferidas geologicamente.
- **Reservas:** A reserva se relaciona à quantidade remanescente na jazida, recuperável economicamente, com as condições tecnológicas disponíveis no momento de sua avaliação



Razão R/P

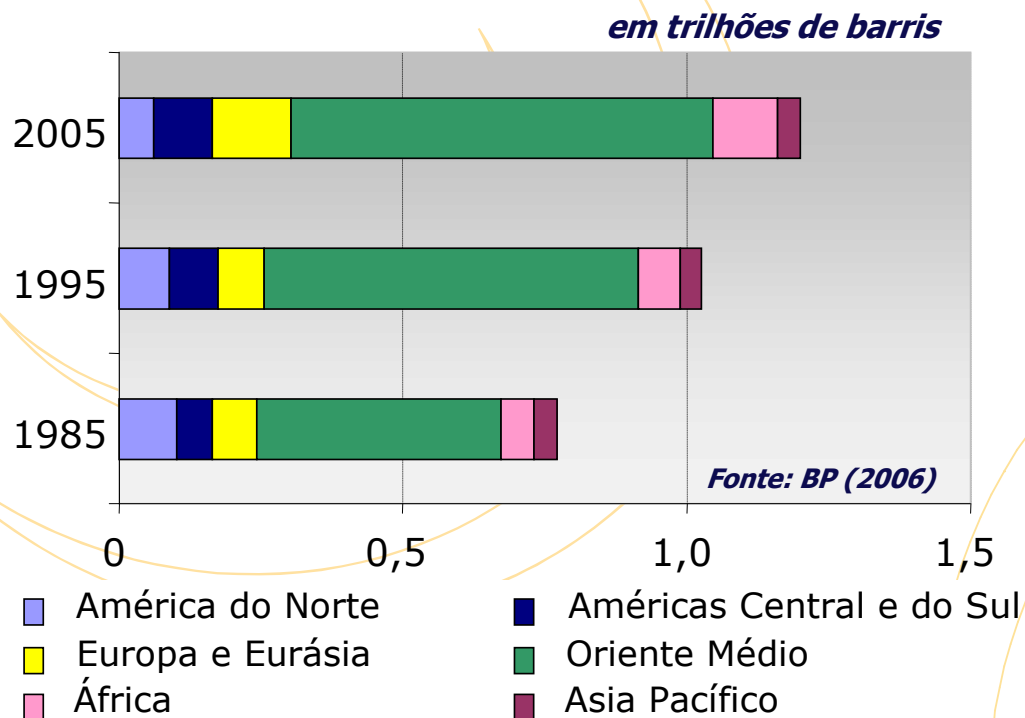
período de tempo (anos) que as reservas remanescentes poderiam atender a um dado nível contínuo de produção.



Petróleo no Mundo



Reservas Provadas Mundiais de Petróleo

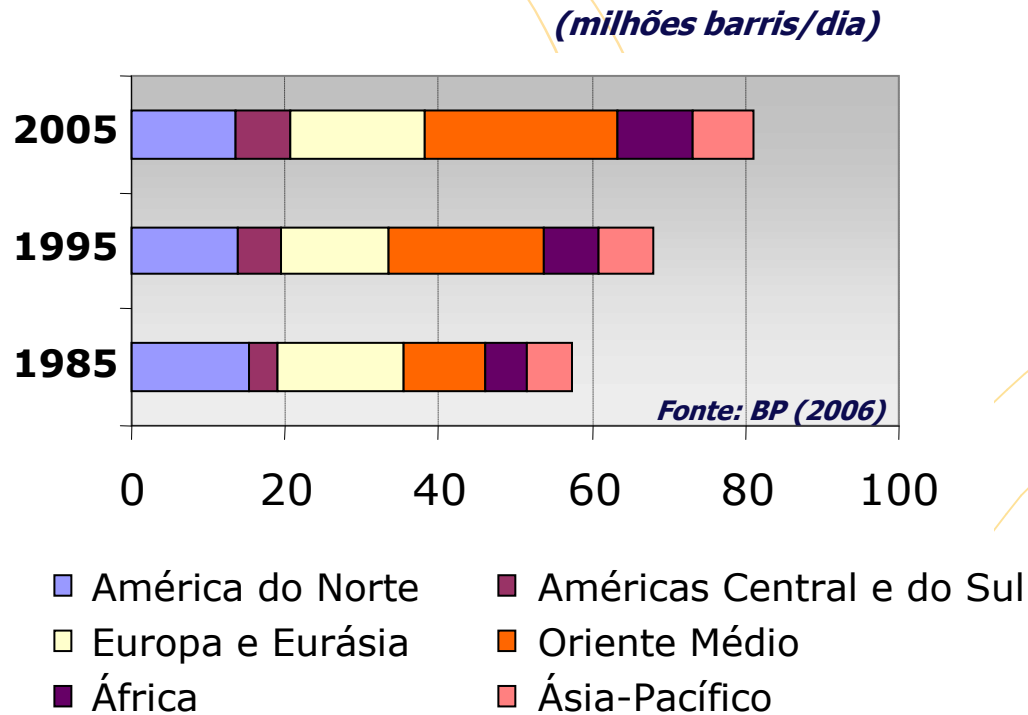


MAIORES RESERVAS 2005 (bilhões de barris)

| | |
|------------------------|--------------|
| Arábia Saudita | 264,2 |
| Irã | 137,5 |
| Iraque | 115,0 |
| Kuwait | 101,5 |
| Emirados Árabes | 97,8 |
| Venezuela | 79,7 |
| Rússia | 74,4 |

- **Reservas concentradas no Oriente Médio (61%)**
- **Crescimento nas reservas na África e na Europa/ Eurásia**
- **Reservas atuais: 1,2 trilhões de barris (BP, 2006)**
- **Reservas em 2025: 2 trilhões de barris (EIA/DoE, 2006)**

Produção Mundial de Petróleo

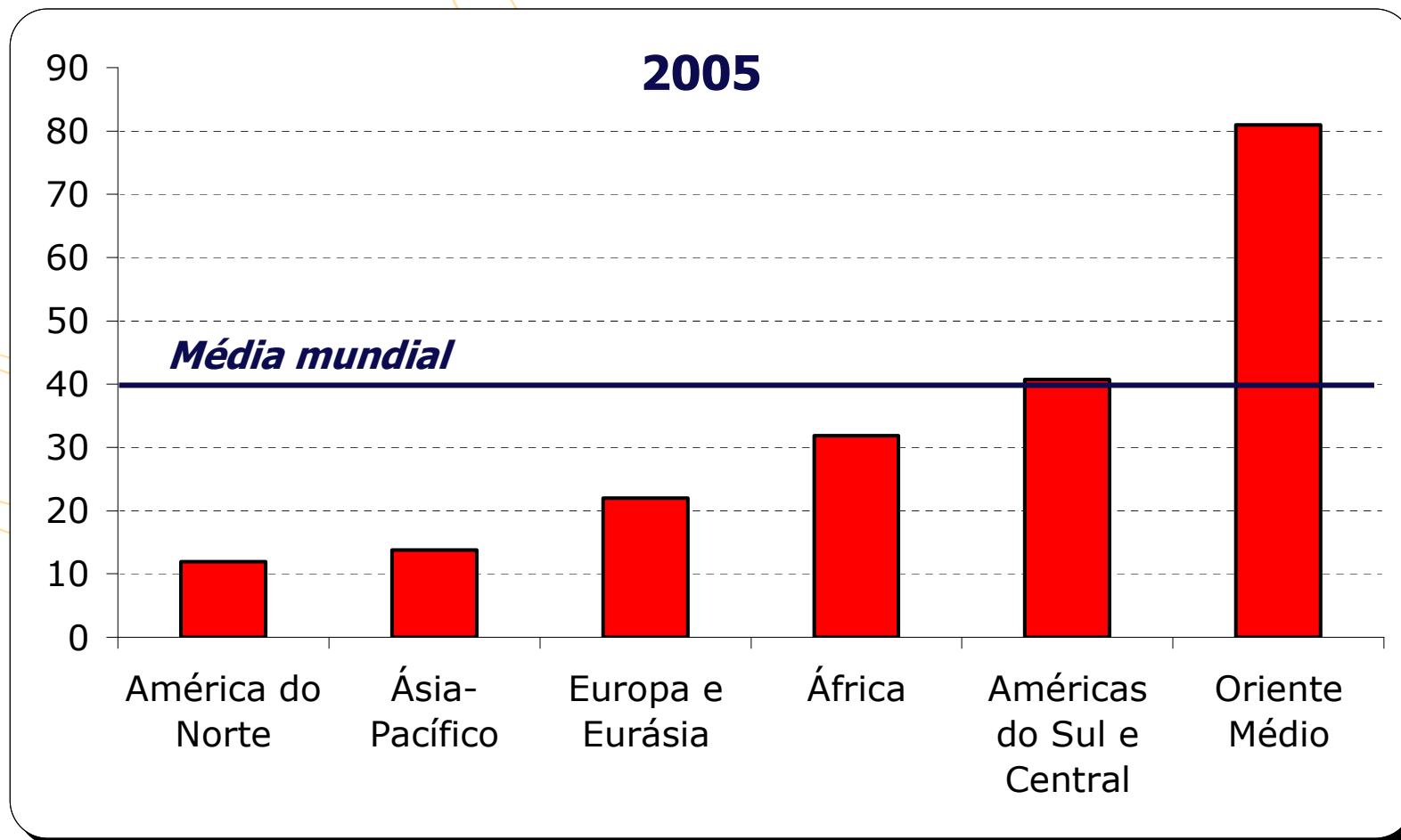


MAIORES PRODUTORES 2005 (milhões barris/dia)

| | |
|----------------|------|
| Arábia Saudita | 11.0 |
| Rússia | 9.6 |
| Estados Unidos | 6.8 |
| Irã | 4.1 |
| México | 3.8 |
| China | 3.6 |
| Canadá | 3.1 |
| Noruega | 3.0 |

- **Produção menos concentrada que reservas**
- **Crescimento da produção no Oriente Médio e América do Sul**
- **Produção atual: 81,1 milhões barris/dia (BP, 2006)**
- **Produção em 2030: 118 milhões barris/dia (EIA/DoE, 2006)**

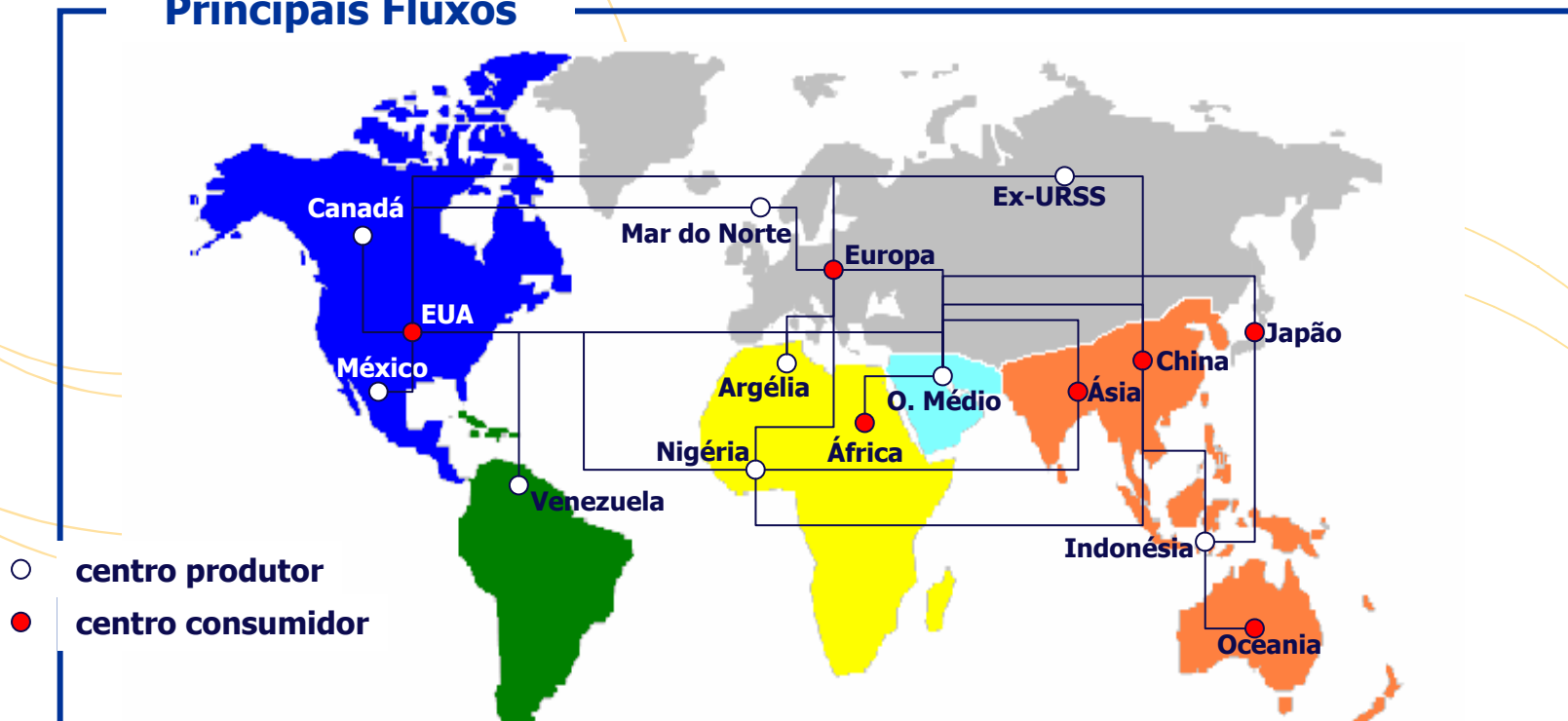
Razão R/P



Fonte: BP (2006)

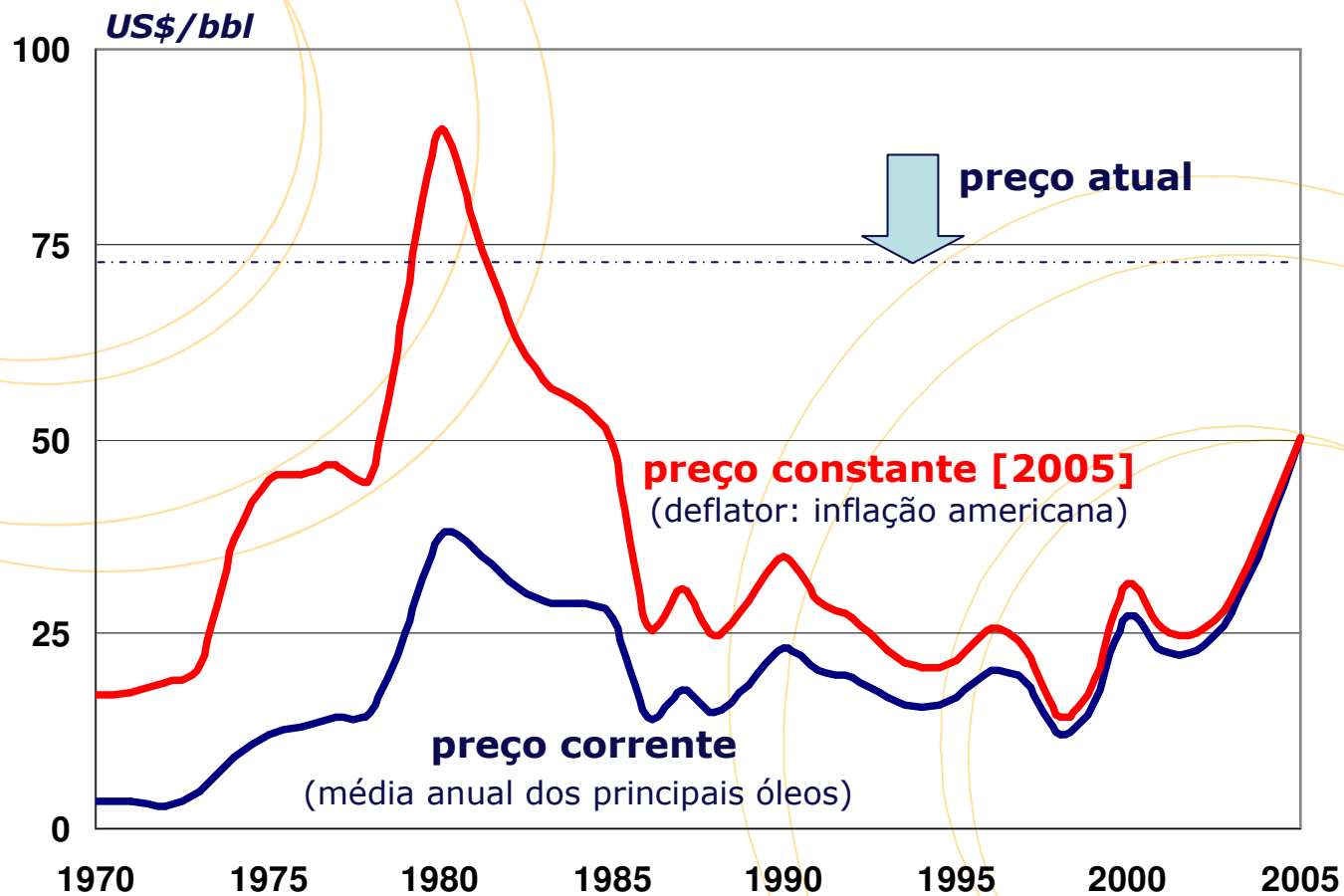
Comércio Mundial de Petróleo

Principais Fluxos



- Mapa do Consumo \neq Mapa da Produção \rightarrow Grande comércio mundial
- Movimento total em 2005: 49,9 milhões de barris por dia (BP, 2006)
 - Mais de 60% da produção mundial
 - 40% a partir do Oriente Médio

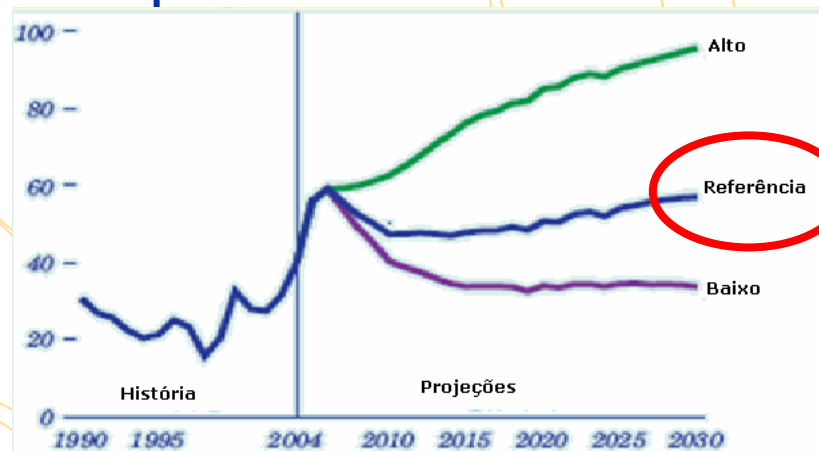
Preço do Petróleo



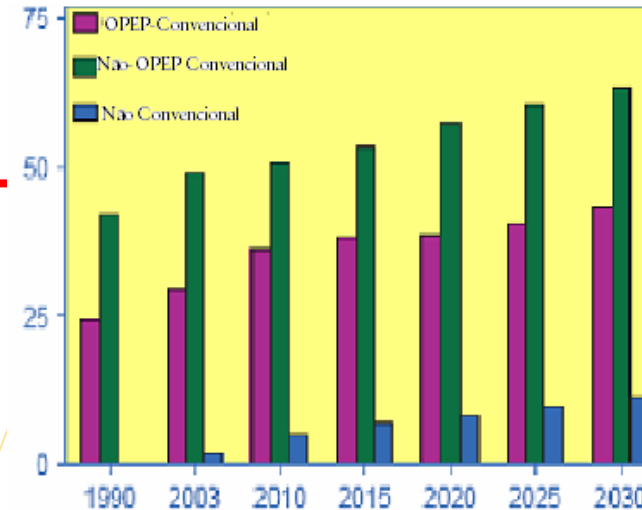
Perspectivas para o preço do petróleo

Cenário EIA/DoE (2006)

PREÇO (US\$/barril) – preço real

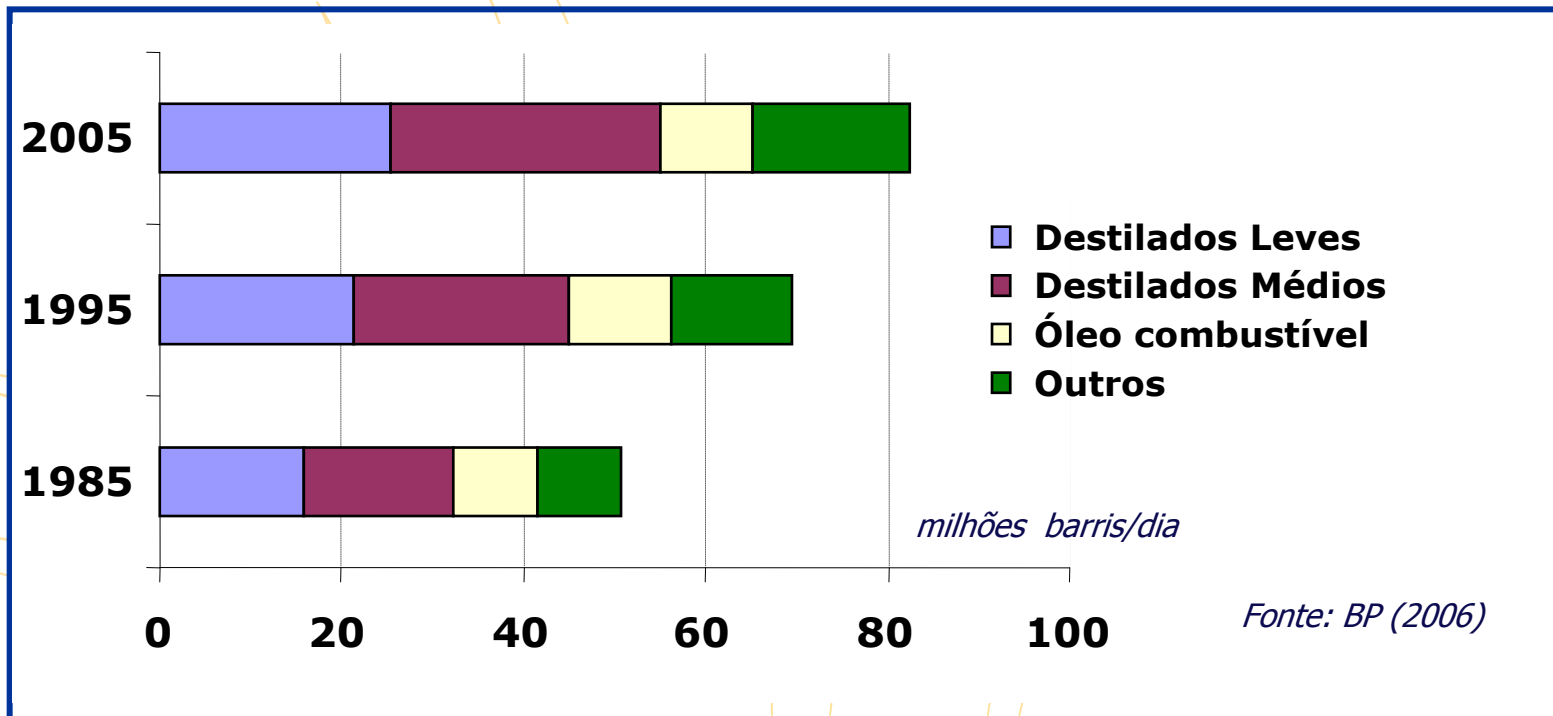


PRODUÇÃO (barris/dia)



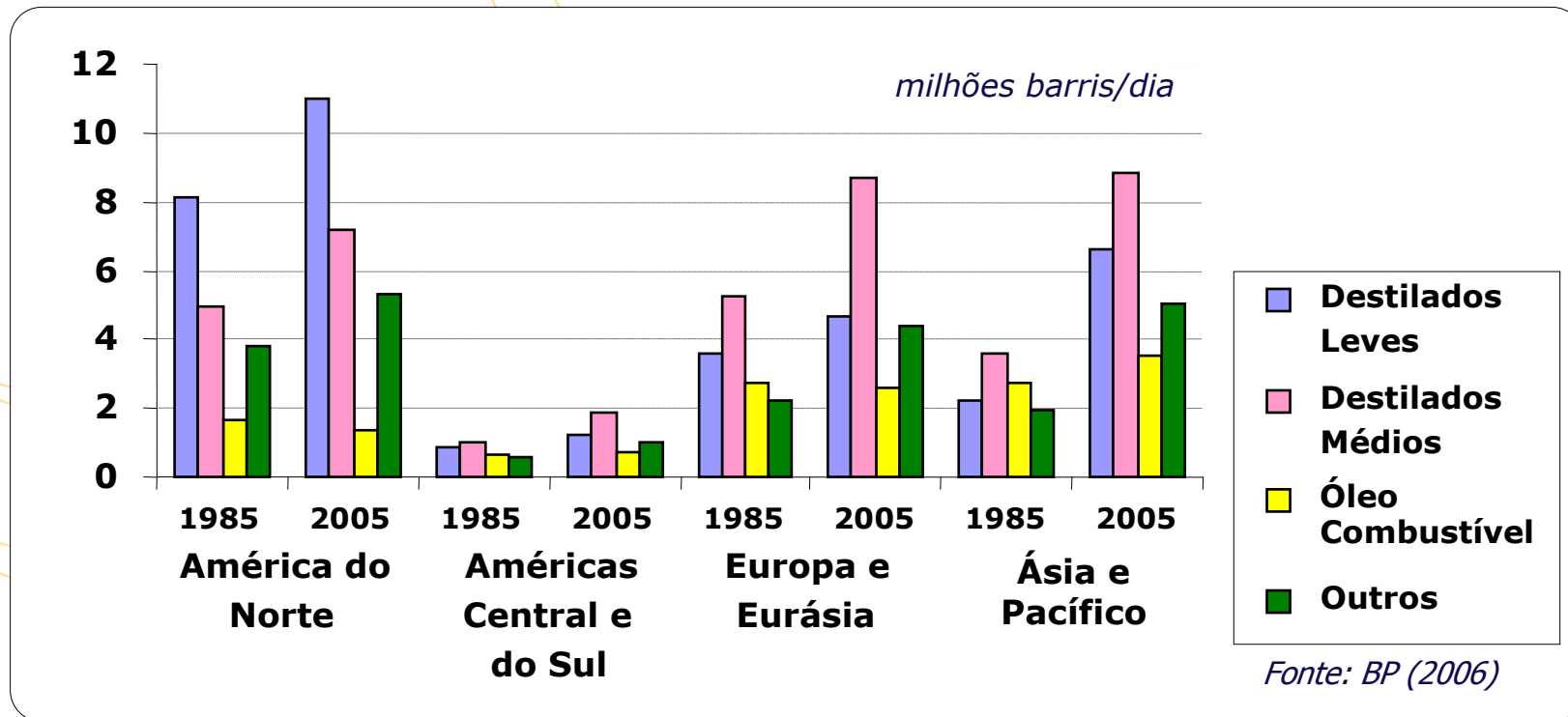
- Não considera interrupções na oferta por guerras ou questões geopolíticas
- Aumento na produção de 38 milhões de bpd
 - 38% desse aumento na OPEP
 - restabelecimento produção do Iraque 6×10^6 bpd (hoje: $3,2 \times 10^6$ bpd)
 - *offshore* na Nigéria
 - Destaques fora da OPEP: Angola, Brasil, México e Canadá
 - Crescimento da produção de petróleo não convencional (Canadá)
- Pico de produção não deverá ocorrer antes de 2030

Evolução do Perfil da Demanda de Derivados de Petróleo no Mundo



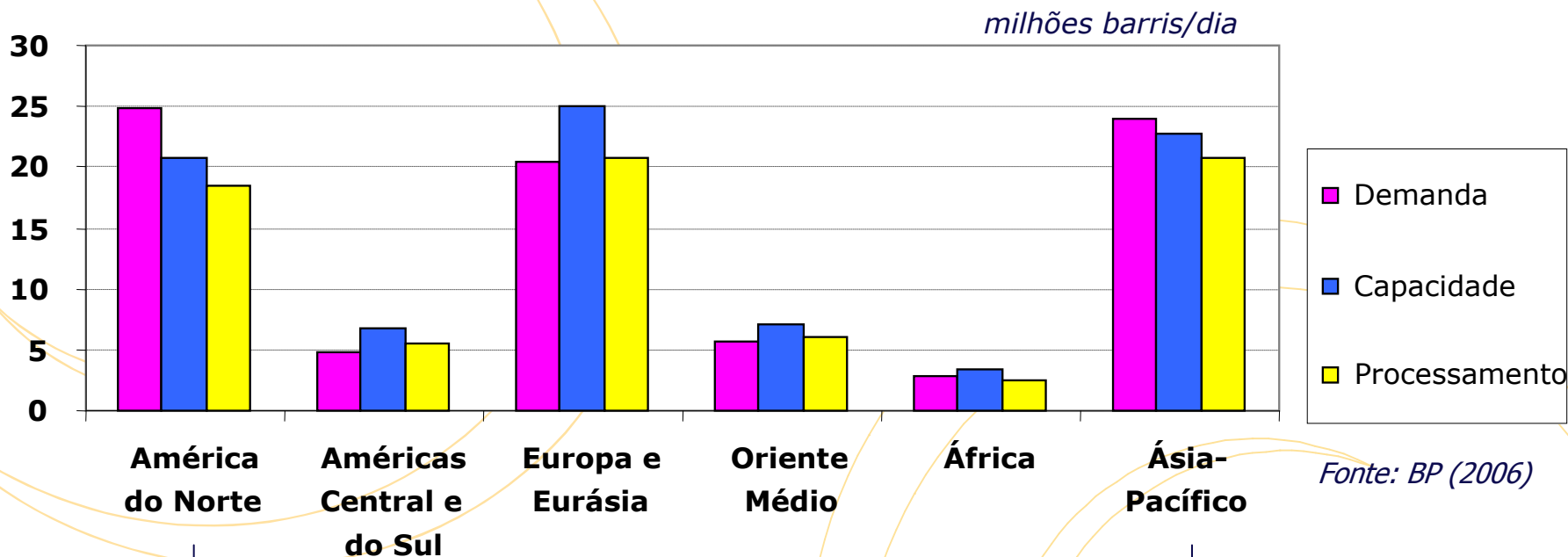
- Aumento da demanda de derivados foi “puxado” por destilados médios e leves (setor TRANSPORTES)
- Essa tendência não deve se alterar no futuro (cenários EIA/DoE e IEA)

Evolução do Perfil da Demanda de Derivados de Petróleo no Mundo



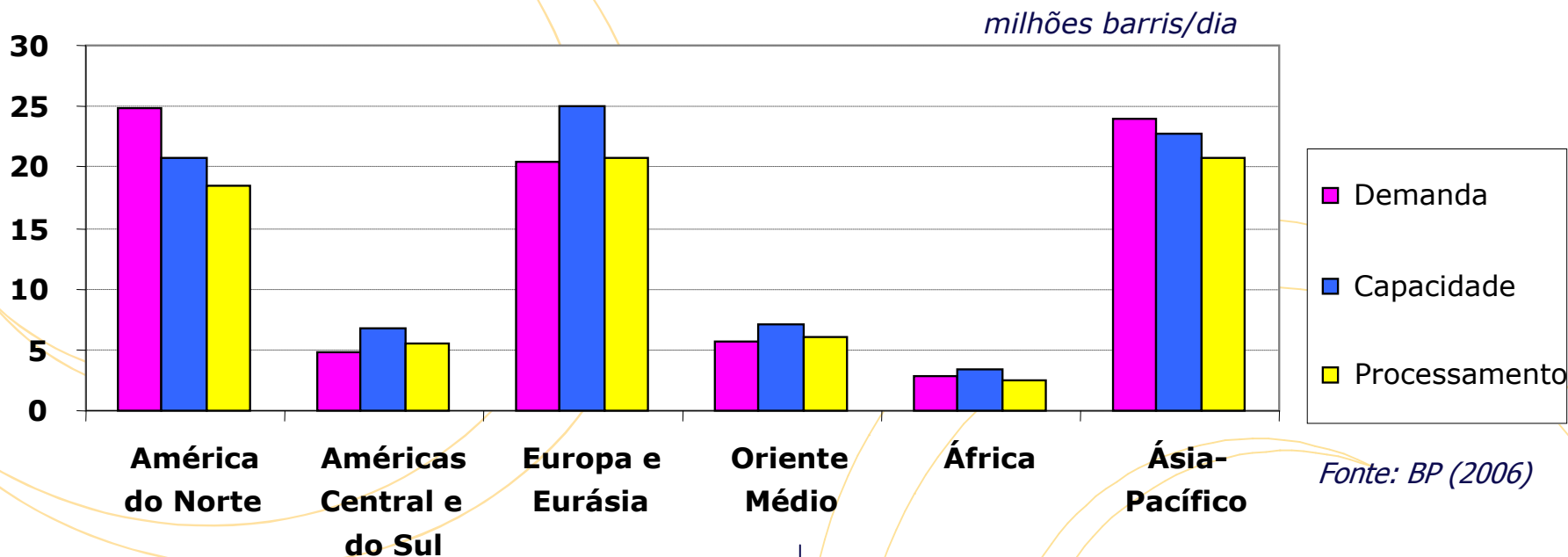
Dependendo da região, a demanda é liderada por derivados leves (América do Norte – EUA) ou por derivados médios (Europa e Ásia) → “dieselização” da frota

Oferta x Demanda de Derivados de Petróleo no Mundo



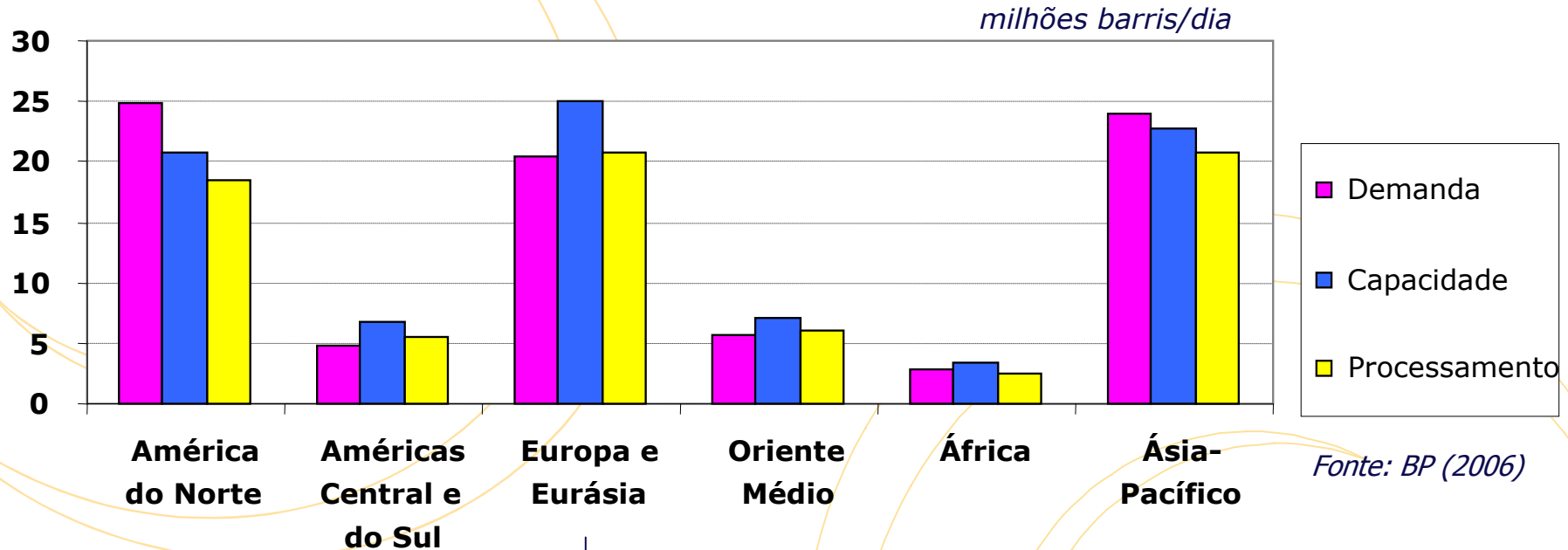
Demanda superior à capacidade de refino e fator de utilização das refinarias elevado

Oferta x Demanda de Derivados de Petróleo no Mundo



Demanda inferior à capacidade de refino e fator de utilização das refinarias elevado (exportações)

Oferta x Demanda de Derivados de Petróleo no Mundo



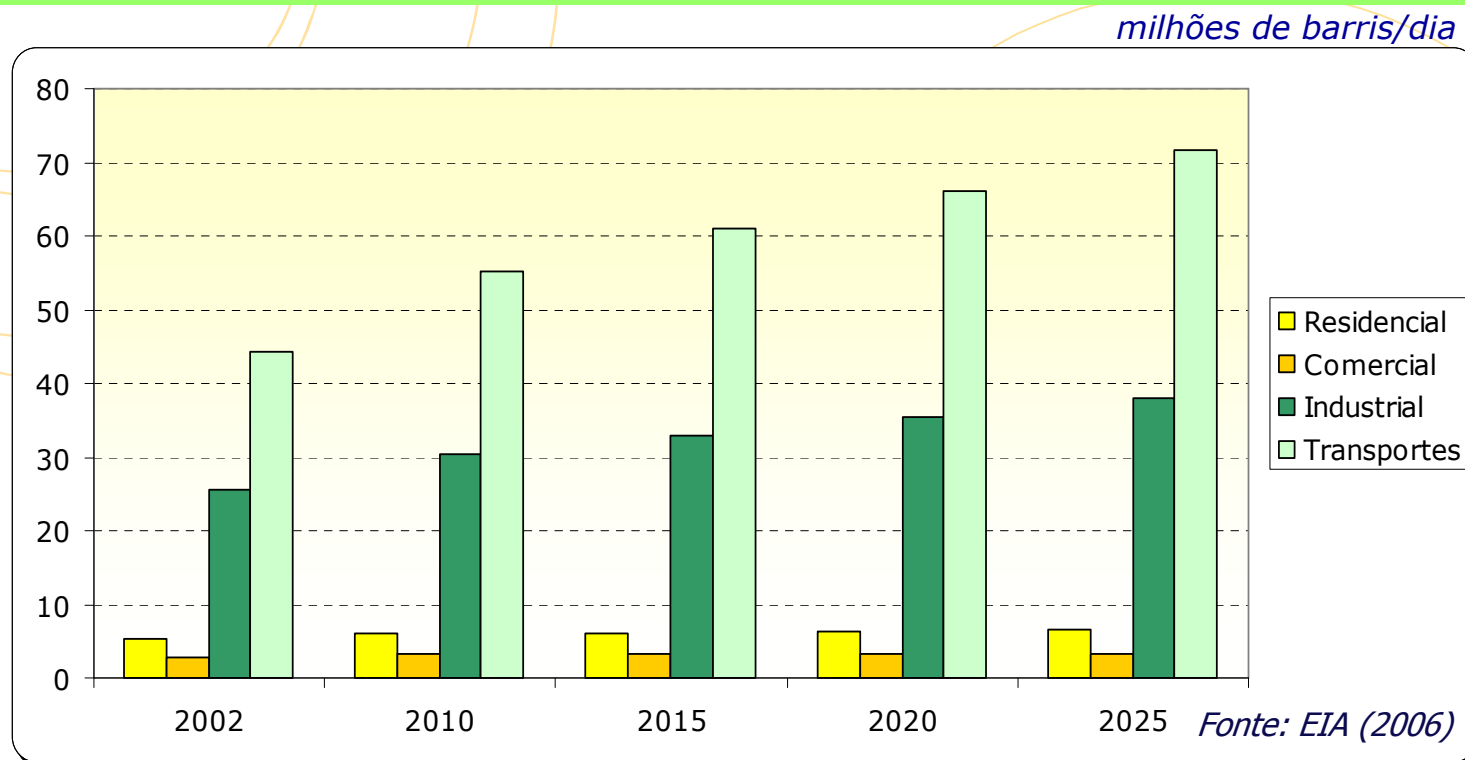
Demanda inferior à capacidade de refino e fator de utilização das refinarias baixo (refinarias pouco adaptadas à produção do diesel e obsolescência na ex-URSS)

Perspectivas para a Demanda de Derivados de Petróleo no Mundo

CENÁRIO EIA/DoE

Setor de transportes aumenta sua participação

Maior crescimento (3,5% ao ano) nos países emergentes da Ásia, principalmente China e Índia



Tendências para a Demanda de Derivados de Petróleo no Mundo

- **Derivados leves e médios** (gasolina e diesel) lideram a expansão da demanda (setor de **transportes**)
- Processamento de petróleo mais pesado e com maior teor de enxofre
- Processamento do "**fundo de barril**" aumentar para produção de derivados médios e leves
- Modificações nas especificações dos combustíveis de modo a atender à **regulação ambiental** (**controle de emissões**, teor de enxofre e de oxigenados, teor de chumbo na gasolina e etc.)
- **Nenhum aumento** no volume de **geração de energia elétrica a partir de derivados**, apesar do aumento da oferta de eletricidade

Geração de energia elétrica (cenário de referência - IEA, 2004)

| | 2002 | 2030 | |
|------------------|---------------|---------------|--------------------|
| TOTAL | 16.074 | 31.657 | 2,5% ao ano |
| Derivados | 1.181 | 1.182 | 0% |

Aspectos tecnológicos

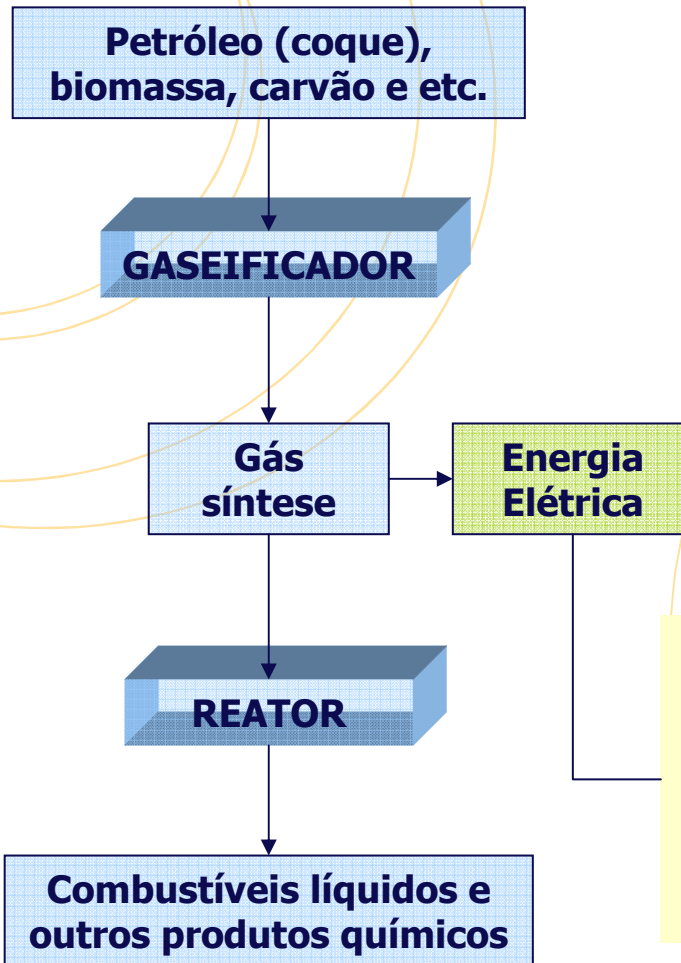


Motivadores para desenvolvimento de novas tecnologias

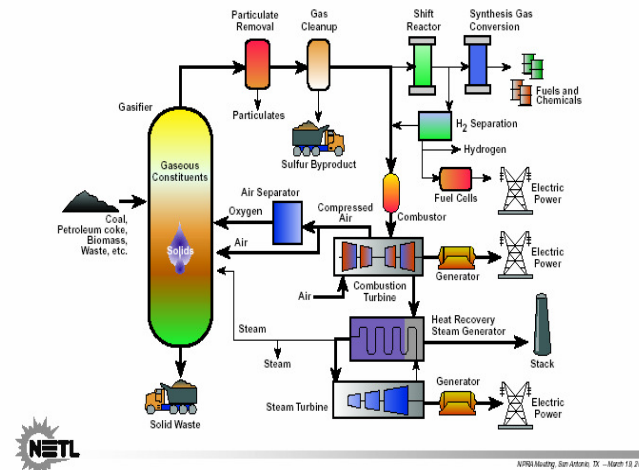
- **Aumento e volatilidade do preço do petróleo, refletindo questões geo-políticas**
- **Maior severidade da legislação técnica-ambiental, tanto para queima de gás em plataformas, quanto para a qualidade de combustíveis**
- **Viabilização das novas reservas (remotas) de gás natural com a produção de combustíveis líquidos**

Opções Tecnológicas para a Produção de Combustíveis

GASEIFICAÇÃO



TECNOLOGIA DE GASEIFICAÇÃO



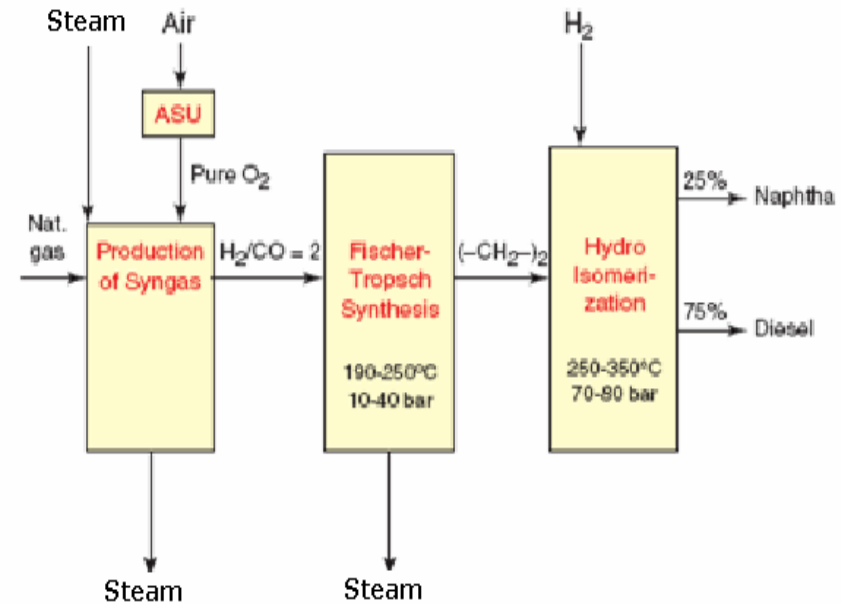
Uma grande **vantagem** do uso do processo de **gaseificação** é a possibilidade da sua **integração** a processos de **geração de eletricidade**

Opções Tecnológicas para a Produção de Combustíveis

GTL – GAS TO LIQUID

- **Trajетória complementar de produção de combustíveis líquidos**
- **Vantagens ambientais importantes em relação aos derivados de petróleo produzidos em refinarias**
- **Podem ser misturados aos derivados convencionais, reduzindo impacto ambiental**
- **Custo estimado de investimento: US\$50.000/bpd**

(ainda elevado: para compensar os elevados investimentos, os custos operacionais ainda precisam ser baixos → custos do gás natural inferior a 1 US\$/MMBtu)



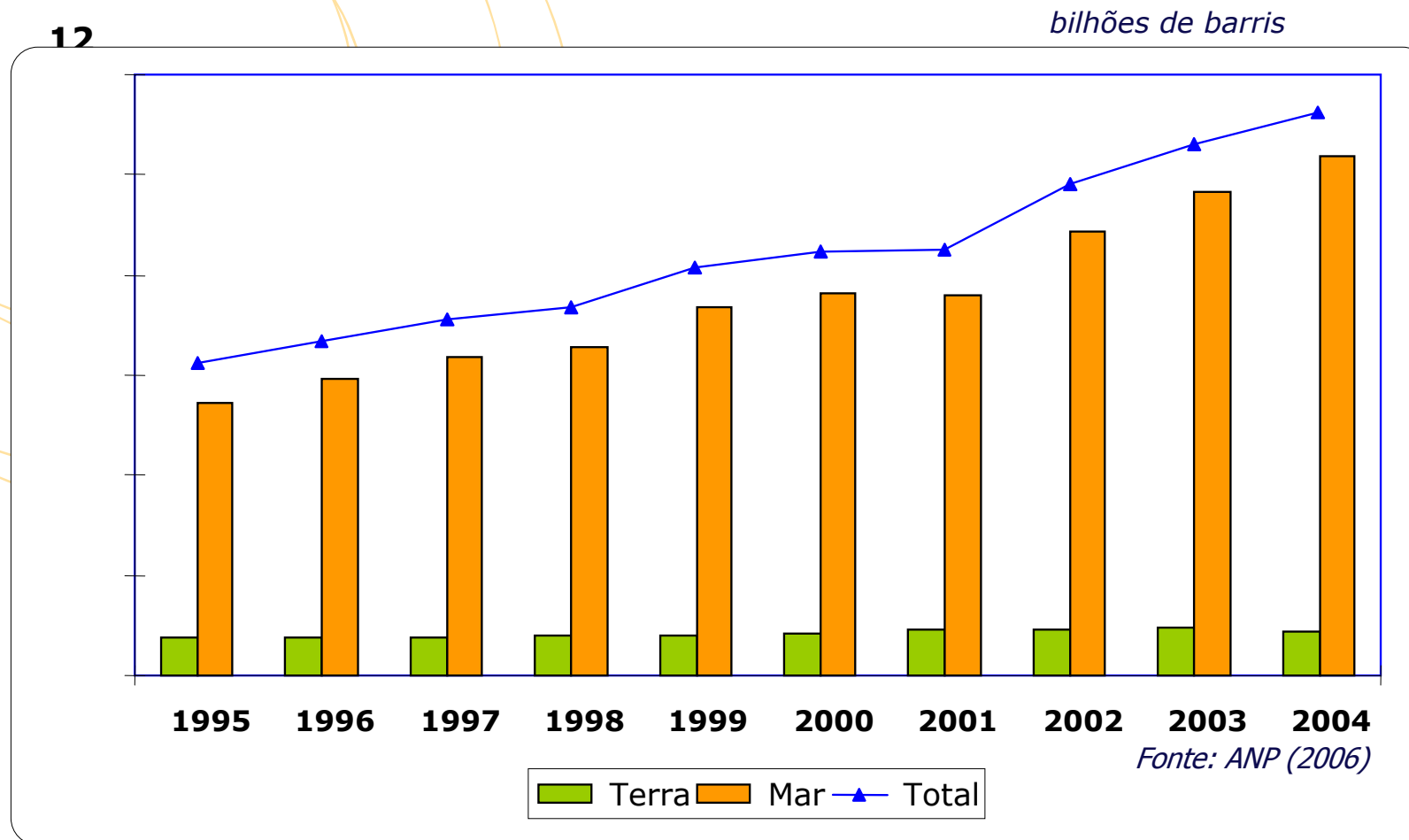
Fonte: Instituto Francês do Petróleo (2006)

Petróleo e Derivados Brasil



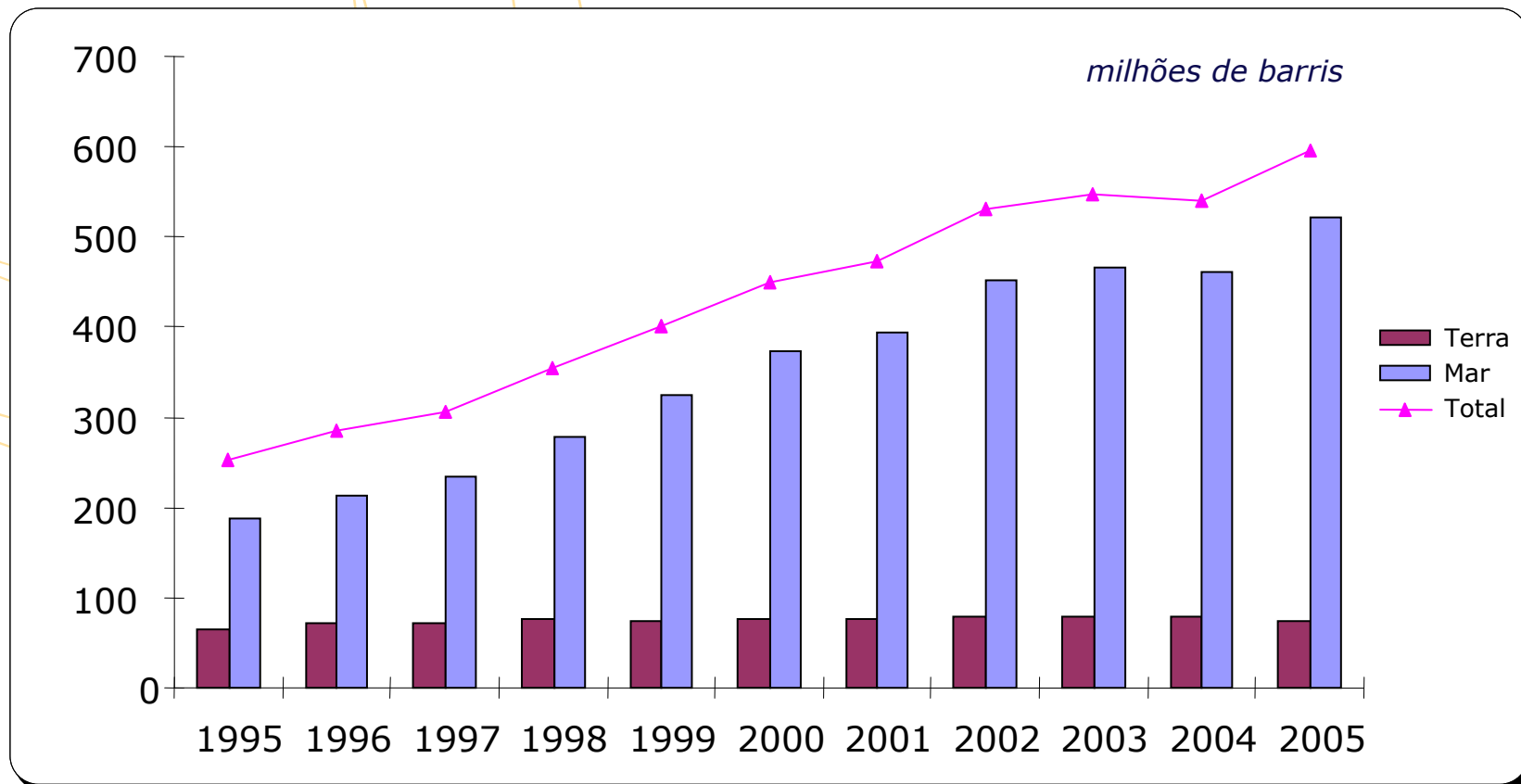
Reservas de Petróleo no Brasil

O Brasil detém 1% das reservas mundiais em 2004



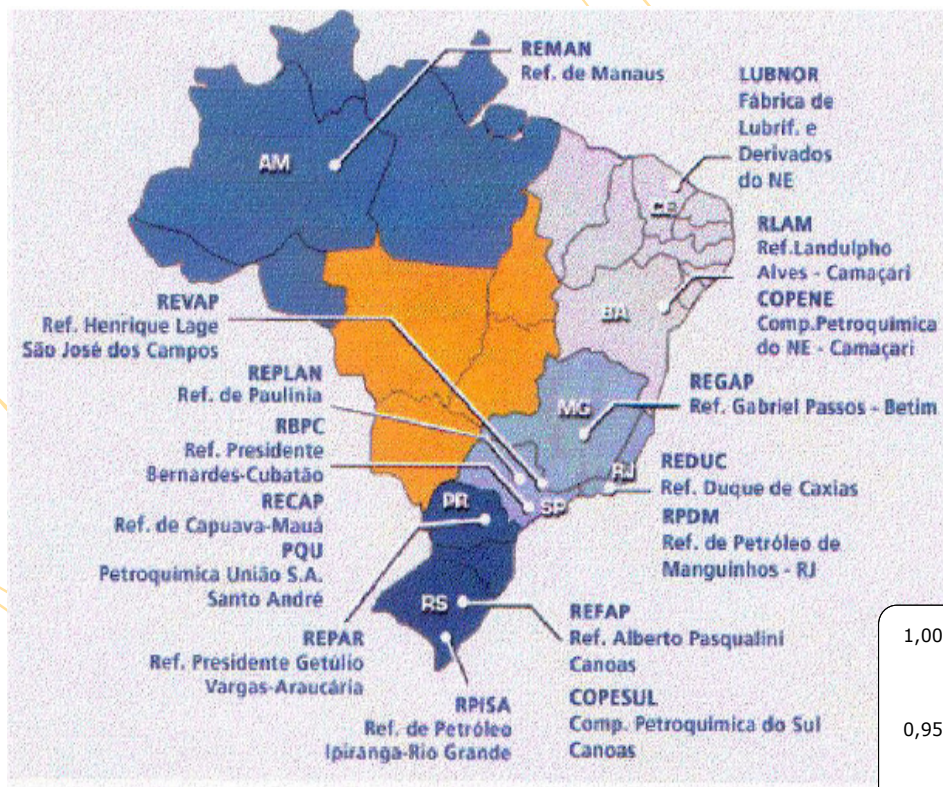
Produção de Petróleo no Brasil

R/P de aproximadamente 20 anos

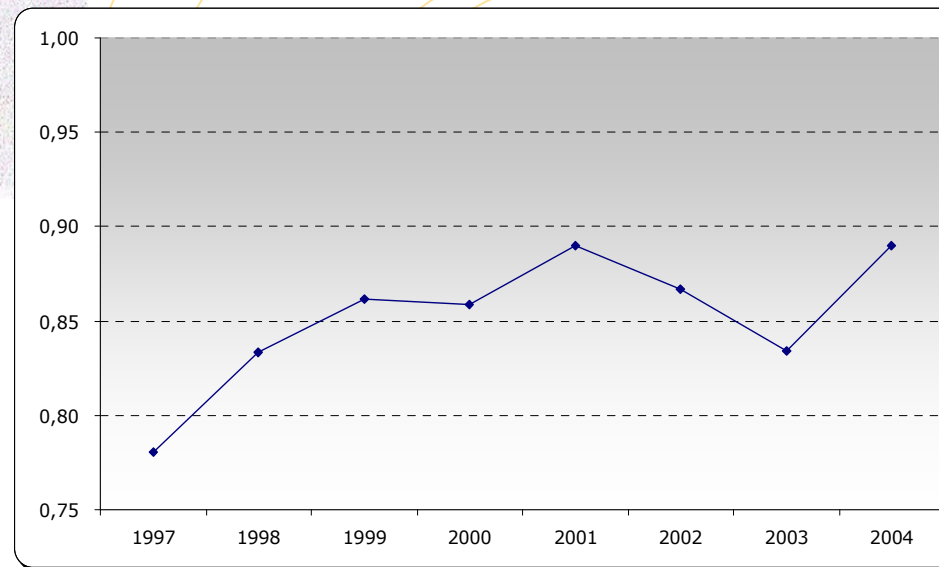


Fonte: ANP (2006)

Unidades Produtoras de Derivados

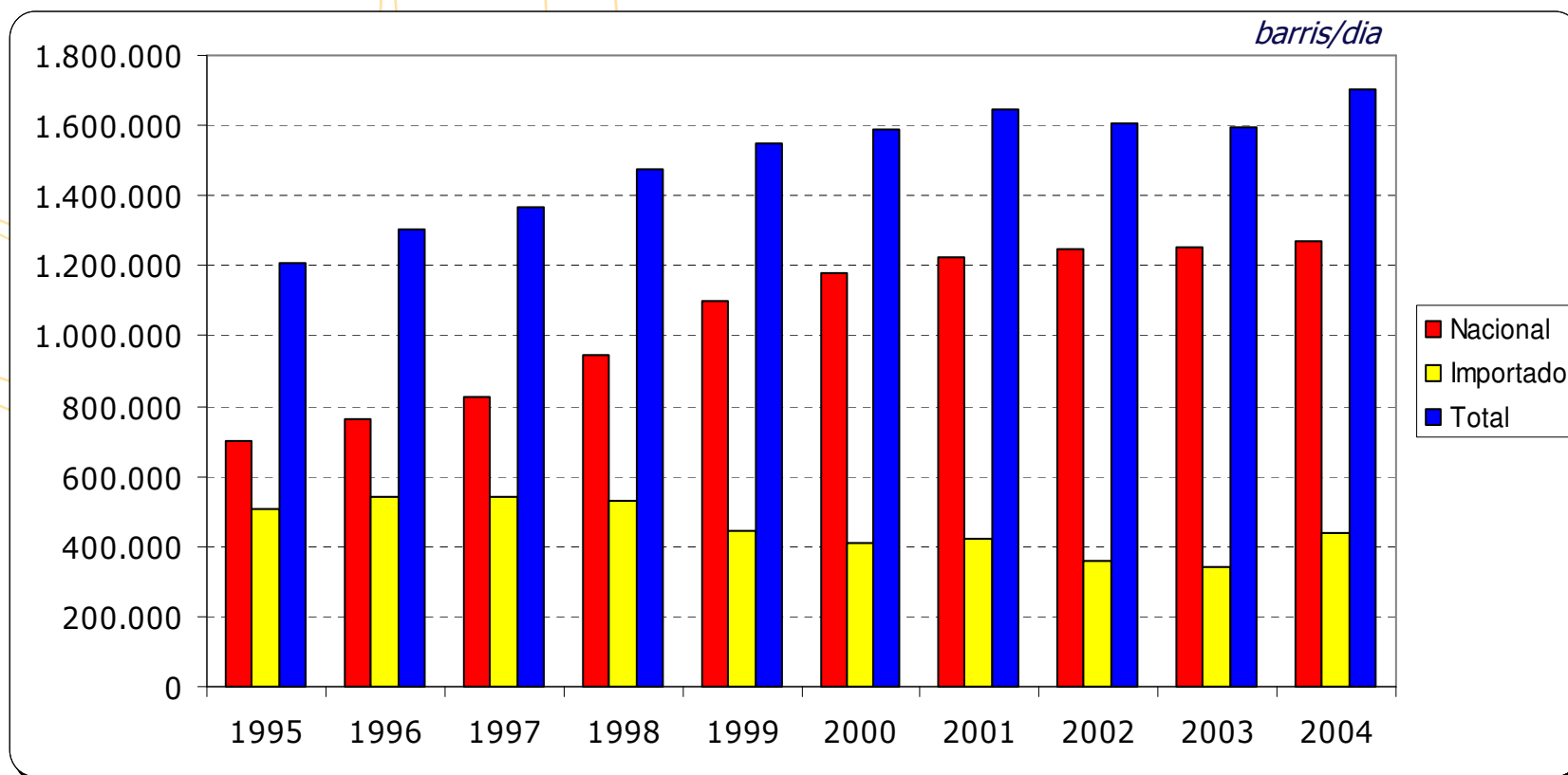


Fator de utilização de refinarias



Evolução da Origem do Petróleo Processado

O aumento no processamento de óleo nacional, mais pesado, importou em adaptações nas refinarias de modo a obter mais derivados médios e leves

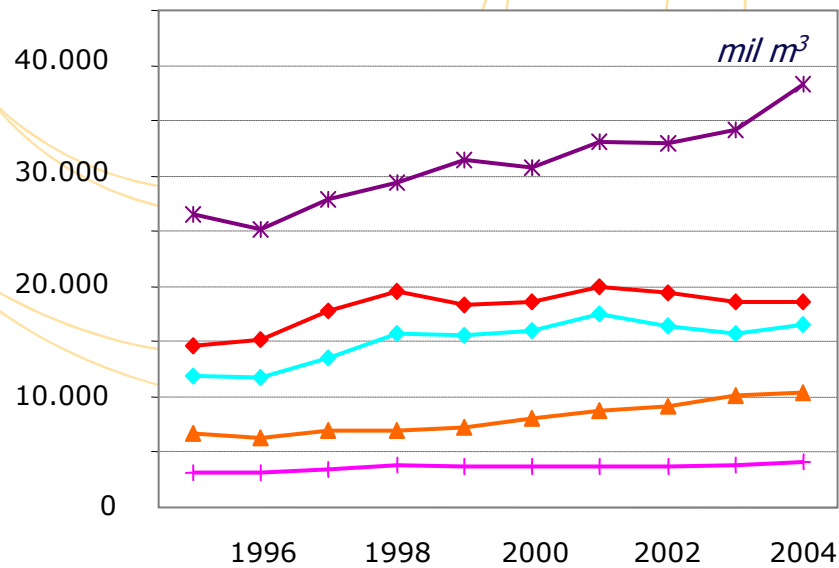


Fonte: ANP (2006)

Produção de Derivados no Brasil

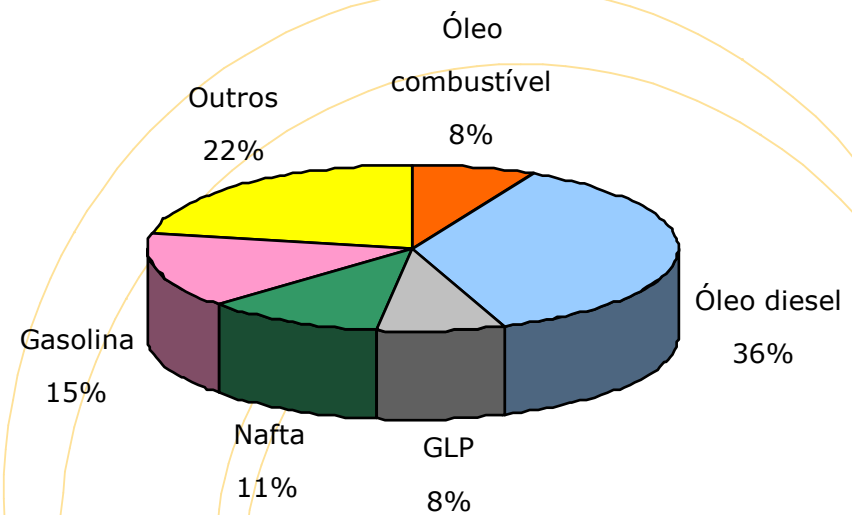
Também no Brasil, derivados médios e leves são predominantes na estrutura de produção e consumo

PRODUÇÃO (1995-2004)



- ✱ Óleo diesel
- ◆ Gasolina A
- ◆ Óleo combustível
- ▲ GLP
- + QAV

CONSUMO (2004)



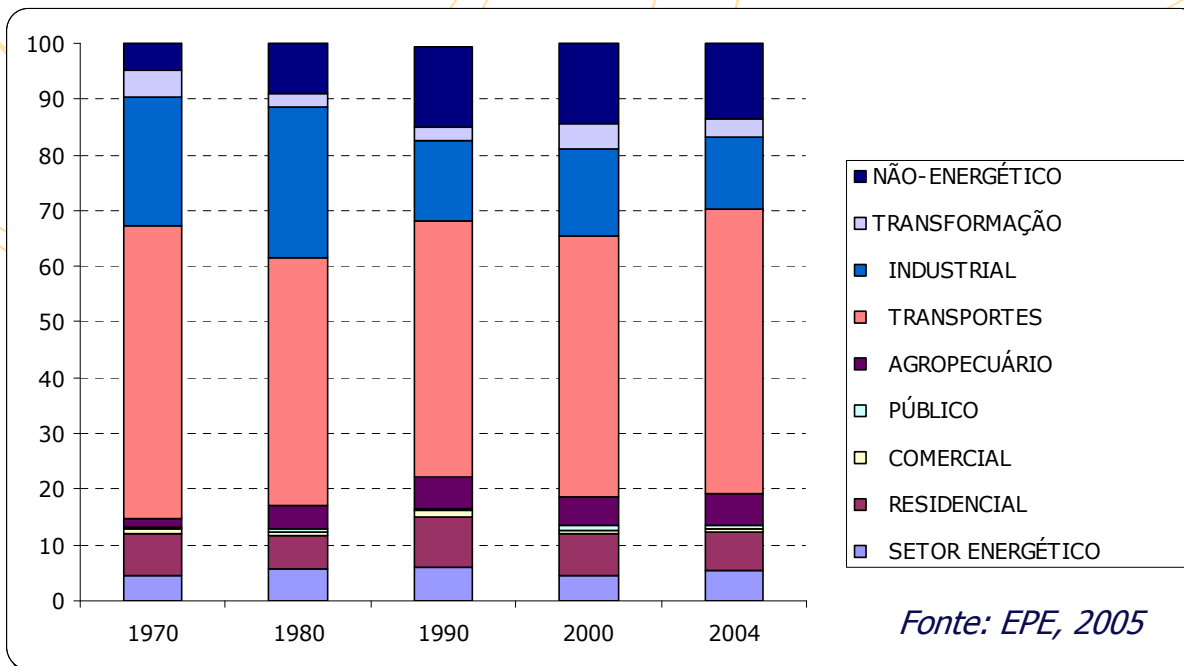
Fontes: Produção (ANP, 2006)

Consumo (EPE, 2005)

Demanda de Derivados de Petróleo no Brasil

- **Setor de transportes compreende mais de 50% da demanda por derivados**
- **Mais de 80% da demanda deste setor é atendida por derivados do petróleo**

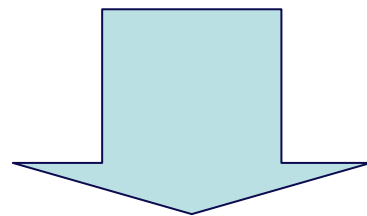
ESTRUTURA DO CONSUMO (2004)



- **Sistema de transporte de passageiros e de carga que privilegia o modal rodoviário**
- **Grande parte do transporte de carga no modal rodoviário é feito por frota inadequada**
- **Necessidade de melhoria da infraestrutura do modal rodoviário**

Tendências na Produção de Derivados no Brasil

- **Aumento geral da demanda por derivados** — EXPANSÃO DA CAPACIDADE
- **Alteração na estrutura de consumo** — PRODUÇÃO DE DERIVADOS LEVES
 - aumento na demanda por derivados médios e leves (diesel, QAV, gasolina e GLP)
 - redução na demanda por derivados pesados (óleo combustível)
- **Processamento do óleo nacional (pesado)** — QUALIDADE DOS PRODUTOS
- **Alteração nas especificações dos produtos em atendimento a regulamentação ambiental** (por exemplo, redução dos teores de enxofre)



INVESTIMENTO NO REFINO

Distribuição dos investimentos da PETROBRAS no refino

(2006/2010)

| | |
|------------------------|-----|
| EXPANSÃO DA CAPACIDADE | 14% |
| PROD. DERIVADOS LEVES | 25% |
| QUALIDADE DOS PRODUTOS | 41% |
| OUTROS | 20% |

Expansão definida do refino no Brasil



Nova refinaria em Pernambuco

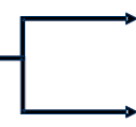
- Processamento de 200.000 barris/dia
- Petróleo pesado (nacional e venezuelano)

Complexo Petroquímico de Itaboraí no Rio de Janeiro

Marlim
150.000 bbl/d

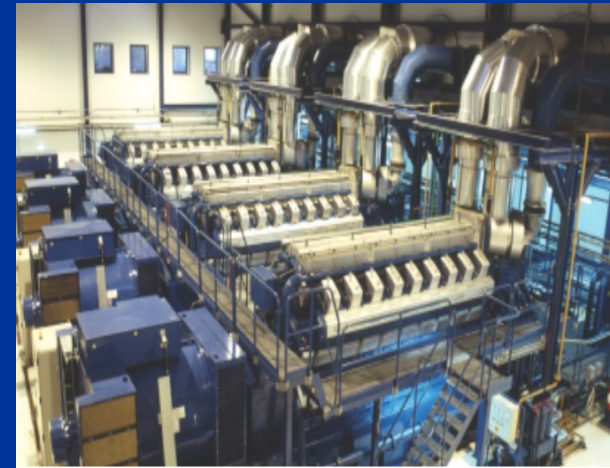


Unidade de
Produção de
Petroquímicos
Básicos - Itaboraí



Combustíveis
Petroquímicos
básicos

Geração de Energia Elétrica



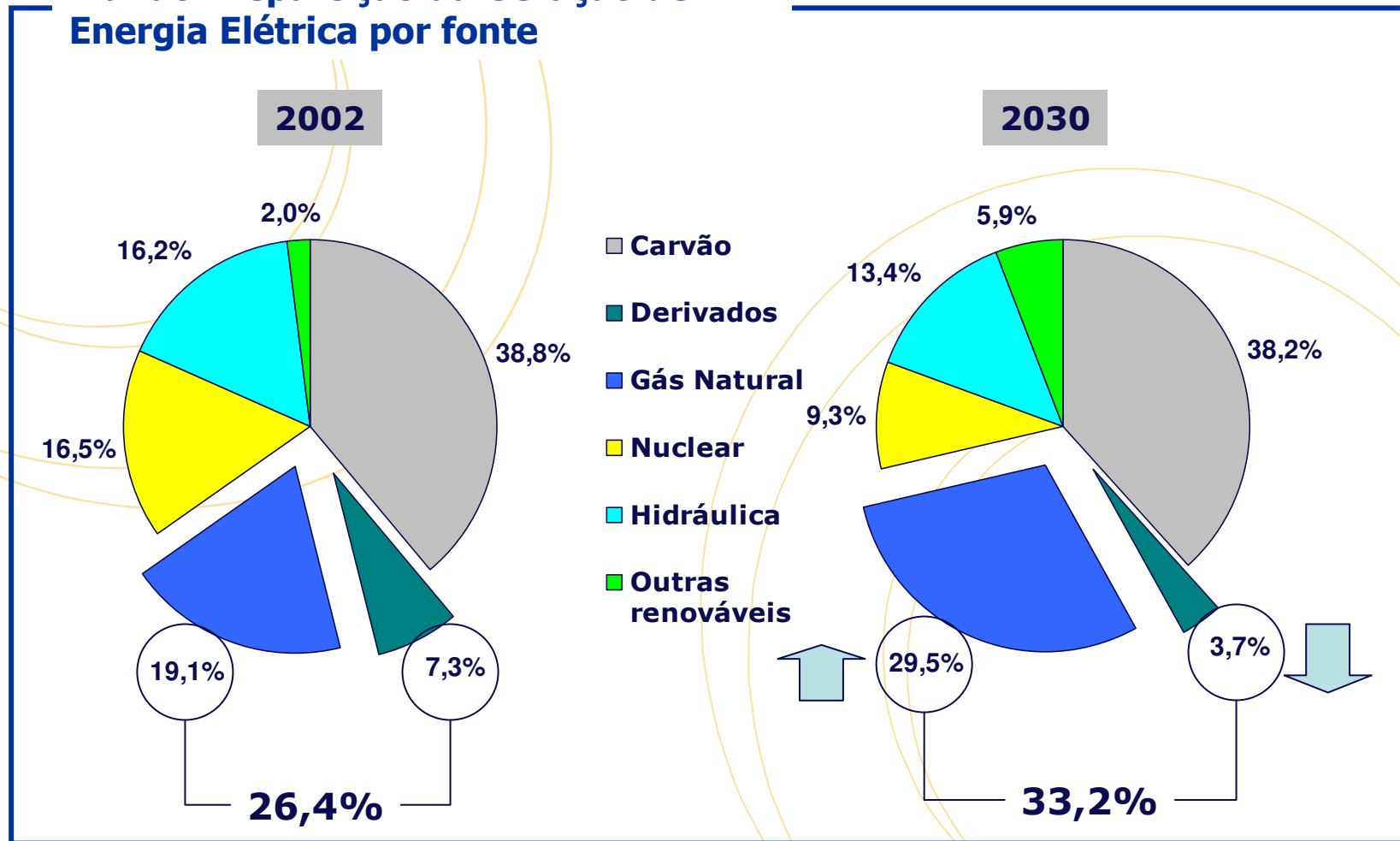
Geração de Energia Elétrica

Papel dos derivados de petróleo na geração de energia elétrica:

- Atender à demanda de pico;
- Oferecer flexibilidade e permitir o atendimento da demanda em situações de interrupção de fornecimento de energia gerada a partir de outras fontes;
- Oferecer flexibilidade no planejamento quando a entrada em operação de plantas planejadas se atrasa;
- Fornecer energia para sistemas isolados ou áreas remotas.

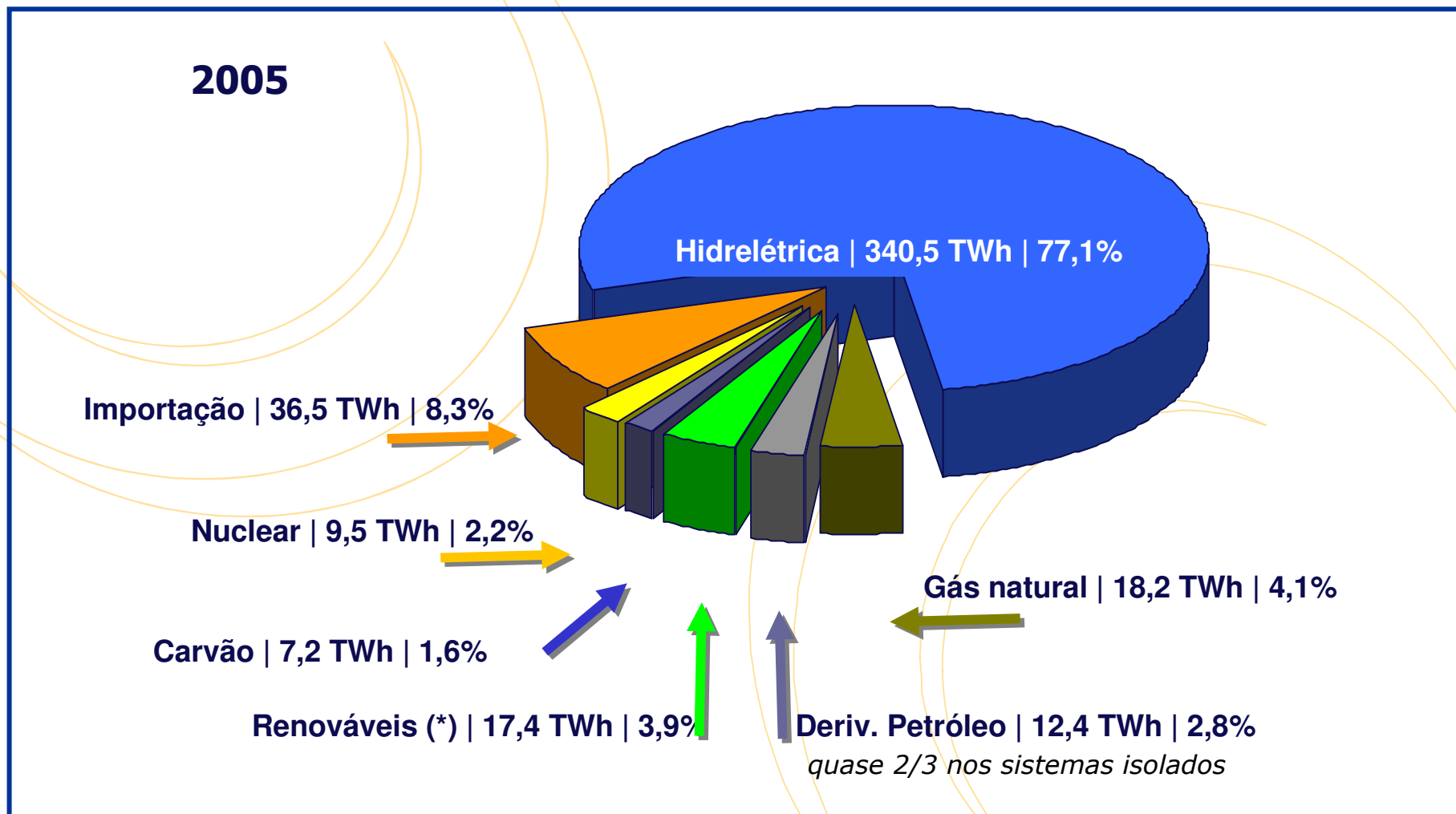
Geração de Energia Elétrica

Mundo: Repartição da Geração de Energia Elétrica por fonte

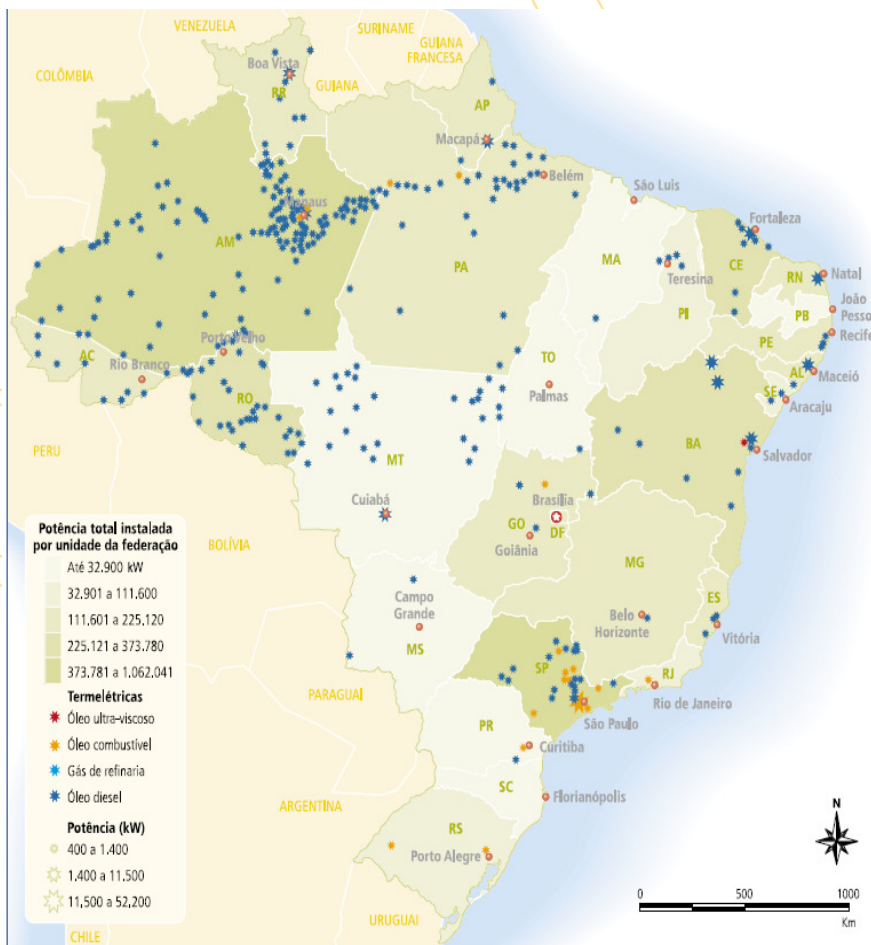


Fonte: IEA (1997)

Oferta Interna de Eletricidade

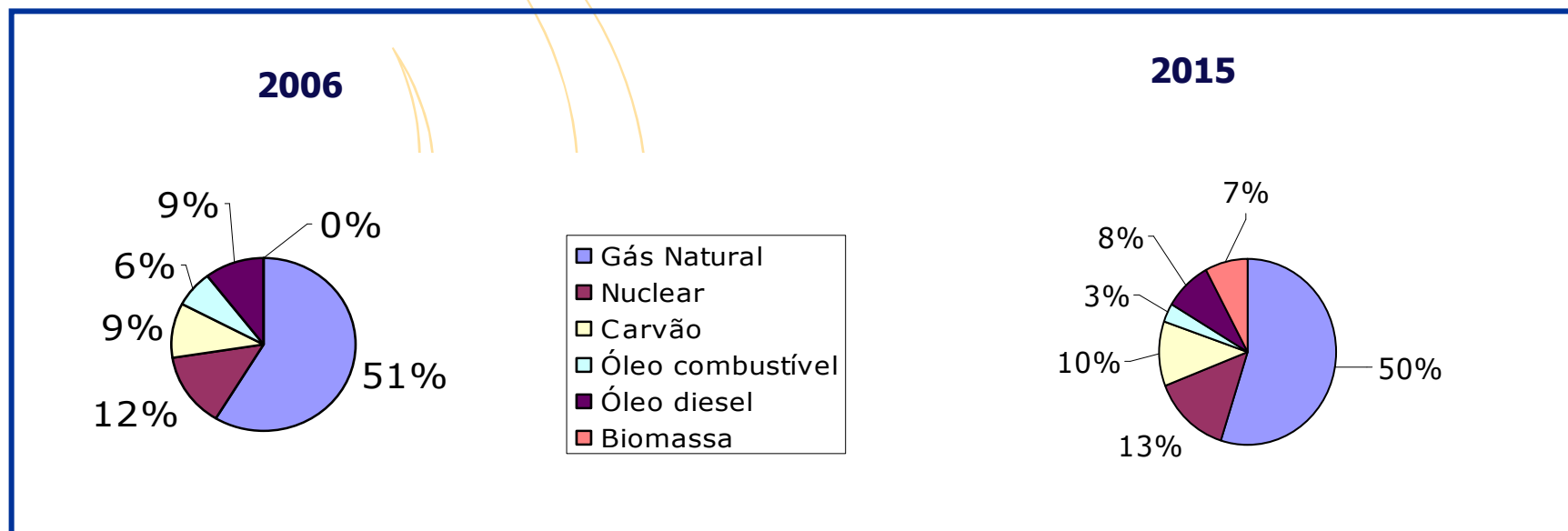


Usinas em Operação - Brasil



| Região | Capacidade (MW) |
|------------------------|-----------------|
| Sudeste e Centro-oeste | 1.353 |
| Sul | 79 |
| Nordeste | 853 |
| Norte | 4.666 |

Participação das diversas fontes na geração termelétrica - Brasil



- Redução na participação de derivados de petróleo na geração de energia elétrica
- Interligação de sistemas isolados (Sistema Acre-Rondônia e Sistema Manaus-Macapá)
- Aproveitamento de fontes renováveis locais (solar, eólica, biomassa)

Projeto Ribeirinhas – viabilidade técnica-econômica-social-ambiental de fontes renováveis locais

Reflexões sobre a Expansão da Geração de Energia a partir de Derivados no Brasil

Condicionantes principais

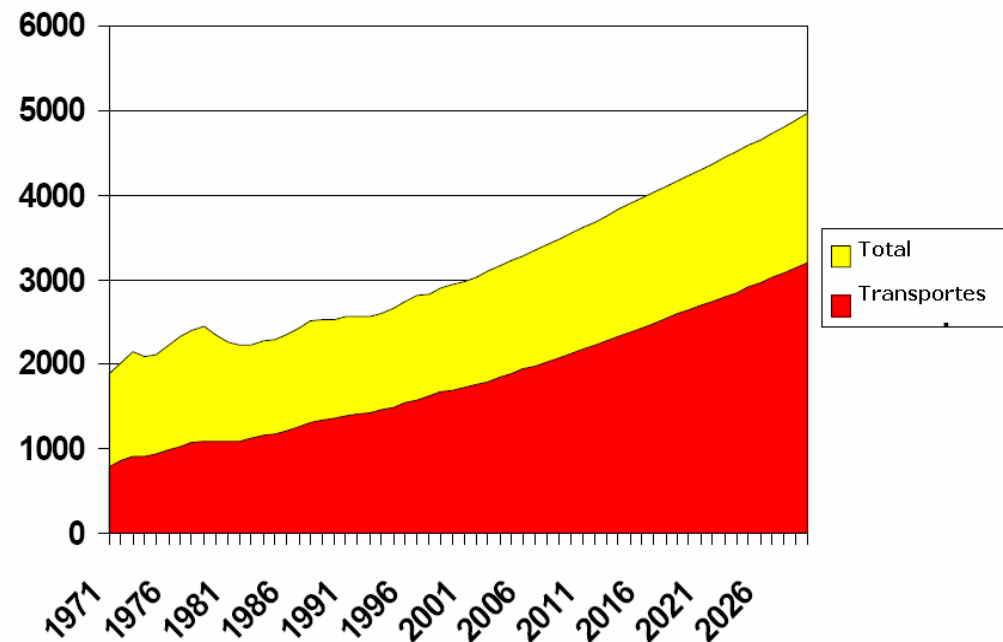
- **Preço**
- **Usos principais**
- **Emissões**
- **Competitividade**

Reflexões sobre a Expansão da Geração de Energia a partir de Derivados no Brasil

Usos principais

Aproximadamente metade da demanda de derivados de petróleo no Brasil e no mundo destina-se ao setor de transportes e tal cenário não deverá se modificar nos próximos 30 anos

Evolução da demanda de derivados de petróleo no mundo (Milhões TEP)



Fonte: IEA (2005)

Reflexões sobre a Expansão da Geração de Energia a partir de Derivados no Brasil

Emissões

| Combustível | Atividade | Material particulado (kg/t) | SO ₂ (kg/t) | NO _x (kg/t) | HC (kg/t) | CO (kg/t) |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------|-----------|
| Derivados de petróleo | Industrial e Comercial | 3,00 | 4,0 | 7,50 | 0,40 | 0,55 |
| Gás natural | Centrais de geração elétrica | 0,29-0,34 | 1,0 | 3,6-11,5 | 0,02-0,06 | 0,32 |
| | Industrial e Comercial | 0,34 | 1,0 | 3,60 | 0,06 | 0,32 |
| Carvão | Centrais de geração elétrica | 16,25-20,00 | 3,8 | 7,5-9,0 | 0,15-0,50 | 0,5-1,0 |
| | Industrial e Comercial | 16,25 | 3,8 | 7,50 | 0,50 | 1,00 |

Reflexões sobre a Expansão da Geração de Energia a partir de Derivados no Brasil

Emissões de CO₂

| Coeficientes de emissão de gases na combustão de combustíveis fósseis | | |
|--|---|---|
| Combustível fóssil | Poder calorífico (MJ/kg ou Nm³) | Coeficiente de emissões (g CO₂-eq/MJ) |
| Carvão vapor | 22,9 – 29,3 | 106,4 |
| Antracito | 21,0 – 34,0 | 94,6 |
| Óleo combustível pesado | 40,0 – 41,0 | 78,0 |
| Óleo combustível leve | 41,0 – 42,8 | 74,2 |
| Gás natural | 36,6 – 37,8 | 56,8 |

Fonte: World Energy Council, 2006

Reflexões sobre a Expansão da Geração de Energia a partir de Derivados no Brasil

Emissões de CO₂

Emissões de gases por futuras termelétricas a derivados de petróleo

| Potência (MW) | Geração anual (10 ³ MWh) | | | Emissões (10 ⁶ t CO ₂ -eq) | | |
|------------------|--|----------|----------|---|-----------|-----------|
| | FC = 10% | FC = 30% | FC = 50% | FC = 10% | FC = 30% | FC = 50% |
| 500 | 438 | 1.314 | 2.190 | 0,28-0,29 | 0,83-0,87 | 1,38-1,45 |
| 1.000 | 876 | 2.628 | 4.380 | 0,55-0,58 | 1,66-1,73 | 2,76-2,89 |
| 5.000 | 4.380 | 13.140 | 21.900 | 2,76-2,89 | 8,28-8,67 | 13,8-14,5 |

FC = fator de capacidade médio operativo

Emissões totais no SIN em 2005 < 20 milhões t CO₂-eq

Reflexões sobre a Expansão da Geração de Energia a partir de Derivados no Brasil

Competitividade

Premissas

- Os custos de investimento foram parametrizados entre 600 e 1200 US\$/kW
- Custos operacionais
 - Óleo diesel
 - Custos fixos de US\$ 25/kW.ano e custos variáveis de US\$ 6/MWh,
 - Poder calorífico: 10.100 kcal/kg - Preço: R\$ 1,7/l
 - Óleo combustível
 - Custos fixos de US\$ 28/kW.ano e custos variáveis de US\$ 7/MWh
 - Poder calorífico: 9.590 kcal/kg - Preço: R\$ 1,4/kg
- Vida útil de 20 anos
- Tempo de construção: 2 anos
- Rendimento: 40%
- Fator de capacidade médio (FCM)
 - Óleo diesel: ~10% (na ponta) ~50% (em complementação)
 - Óleo combustível: ~10% (na ponta) ~50% (em complementação)

Reflexões sobre a Expansão da Geração de Energia a partir de Derivados no Brasil

Custo médio de geração (R\$/MWh)

Operação na ponta (FCM ~10%)

| Invest. US\$/kW | Óleo Diesel | | | Óleo Combustível | | |
|--------------------|-------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| | 8% aa | 10% aa | 12% aa | 8% aa | 10% aa | 12% aa |
| 600 | 99,9 | 104,8 | 110,0 | 102,6 | 107,9 | 113,5 |
| 800 | 110,1 | 116,6 | 123,6 | 113,7 | 120,7 | 128,2 |
| 1.000 | 120,3 | 128,5 | 137,2 | 124,7 | 133,5 | 142,9 |
| 1.200 | 130,6 | 140,4 | 150,9 | 135,7 | 146,3 | 157,6 |

Reflexões sobre a Expansão da Geração de Energia a partir de Derivados no Brasil

Custo médio de geração (R\$/MWh)

Operação em complementaridade (FCM ~50%)

| Invest. US\$/kW | Óleo Diesel | | | Óleo Combustível | | |
|--------------------|-------------|--------|--------|------------------|--------|--------|
| | 8% aa | 10% aa | 12% aa | 8% aa | 10% aa | 12% aa |
| 600 | 501,06 | 506,34 | 512,00 | 369,82 | 374,72 | 379,96 |
| 800 | 512,10 | 519,14 | 526,68 | 380,06 | 386,59 | 393,58 |
| 1.000 | 523,15 | 531,95 | 541,37 | 390,30 | 398,46 | 407,20 |
| 1.200 | 534,19 | 544,75 | 556,06 | 400,54 | 410,33 | 420,82 |

Muito obrigado!



EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE

<http://www.epe.gov.br>

Av. Rio Branco, 1 – 11º andar
20090-003 Rio de Janeiro RJ
Tel.: + 55 (21) 3512 - 3100
Fax: + 55 (21) 3512 - 3199