



7.1. INFORMAÇÕES GERAIS

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos (moléculas de carbono e hidrogênio) que tem origem na decomposição de matéria orgânica, principalmente o plâncton (plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas), causada pela ação de bactérias em meios com baixo teor de oxigênio. Ao longo de milhões de anos, essa decomposição foi-se acumulando no fundo dos oceanos, mares e lagos e, pressionada pelos movimentos da crosta terrestre, transformou-se na substância oleosa denominada petróleo. Essa substância é encontrada em bacias sedimentares específicas, formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários.

Embora conhecido desde os primórdios da civilização humana, somente em meados do século XIX tiveram início a exploração de campos e a perfuração de poços de petróleo. A partir de então, a indústria petrolífera teve grande expansão, principalmente nos Estados Unidos e na Europa. Apesar da forte concorrência do carvão e de outros combustíveis considerados nobres naquela época, o petróleo passou a ser utilizado em larga escala, especialmente após a invenção dos motores a gasolina e a óleo diesel.

Durante muitas décadas, o petróleo foi o grande propulsor da economia internacional, chegando a representar, no início dos anos 70, quase 50% do consumo mundial de energia primária. Embora declinante ao longo do tempo, sua participação nesse consumo ainda representa cerca de 43%, segundo a Agência Internacional de Energia (2003), e deverá manter-se expressiva por várias décadas.

Além de predominante no setor de transportes, o petróleo ainda é o principal responsável pela geração de energia elétrica em diversos países do mundo. Apesar da expansão recente da hidreletricidade e da diversificação das fontes de geração de energia elétrica verificadas nas últimas décadas, o petróleo ainda é responsável por aproximadamente 7,9% de toda a eletricidade gerada no mundo (PAFFENBARGER, 1997; AIE, 2003).

7.2. RESERVAS, PRODUÇÃO E CONSUMO

Durante muitos séculos, o homem procurou abrigo e instalação de suas atividades cotidianas em locais próximos de recursos naturais, particularmente os energéticos. Com a descoberta dos combustíveis fósseis e da eletricidade, isso deixou de ser uma preocupação, de modo que, atualmente, os grandes centros consumidores podem estar distantes das grandes reservas e dos potenciais energéticos. O caso do petróleo ilustra bem essa tendência do mundo moderno.

Como indicado na Tabela 7.1 (e Figura 7.1), há uma grande irregularidade na distribuição geográfica das reservas mundiais de petróleo, em razão das condições geológicas específicas das regiões detentoras. Cerca de

2/3 das reservas provadas estão localizados no Oriente Médio, que responde por, aproximadamente, 6% do consumo mundial. Por outro lado, a América do Norte, que possui apenas 4,8% das reservas, é responsável por cerca de 30% do consumo mundial (ver Figura 7.2).

Os dados da Tabela 7.1 indicam, também, que as reservas mundiais durariam cerca de quarenta anos, desconsiderando-se novas descobertas e mantendo-se a produção nos patamares de 2002.

No Brasil, as reservas provadas são da ordem de 1.100 milhões de toneladas e a produção anual está na faixa dos 74,4 milhões de toneladas, o que significa uma relação reservas/produção de cerca de quinze anos. Cerca de 90% das reservas estão localizados no mar, principalmente na Bacia de Campos.

TABELA 7.1 Reservas provadas, produção e consumo de petróleo no mundo em 2002

	Reservas (R)		Produção (P)		Consumo		R/P*
	10 ⁶ ton	Participação no total	10 ⁶ ton	Participação no total	10 ⁶ ton	Participação no total	Anos
América do Norte	6.400	4,8%	664,40	18,7%	1.064,90	30,2%	9,63
América do Sul e Central	14.100	9,4%	335,72	9,4%	214,80	6,1%	42,00
Europa e antiga URSS	13.300	9,3%	784,21	22,0%	925,20	26,3%	16,96
Oriente Médio	93.400	65,4%	1.014,60	28,5%	207,40	5,9%	92,06
África	10.300	7,4%	376,44	10,6%	118,60	3,4%	27,36
Ásia (Pacífico)	5.200	3,7%	381,42	10,7%	991,60	28,1%	13,63
Total	142.700	100,0%	3.556,79	100,0%	3.522,50	100,0%	40,12
Brasil	1.100	0,8%	74,40	2,1%	85,40	2,4%	14,78

Fonte: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY. London: BP, 2003. Disponível em: www.bp.com/worldenergy.
 (*) Tempo que as reservas durariam, sem novas descobertas e com o nível de produção de 2002.

FIGURA 7.1 Reservas provadas de petróleo no mundo – situação em 2002 (milhões de toneladas)

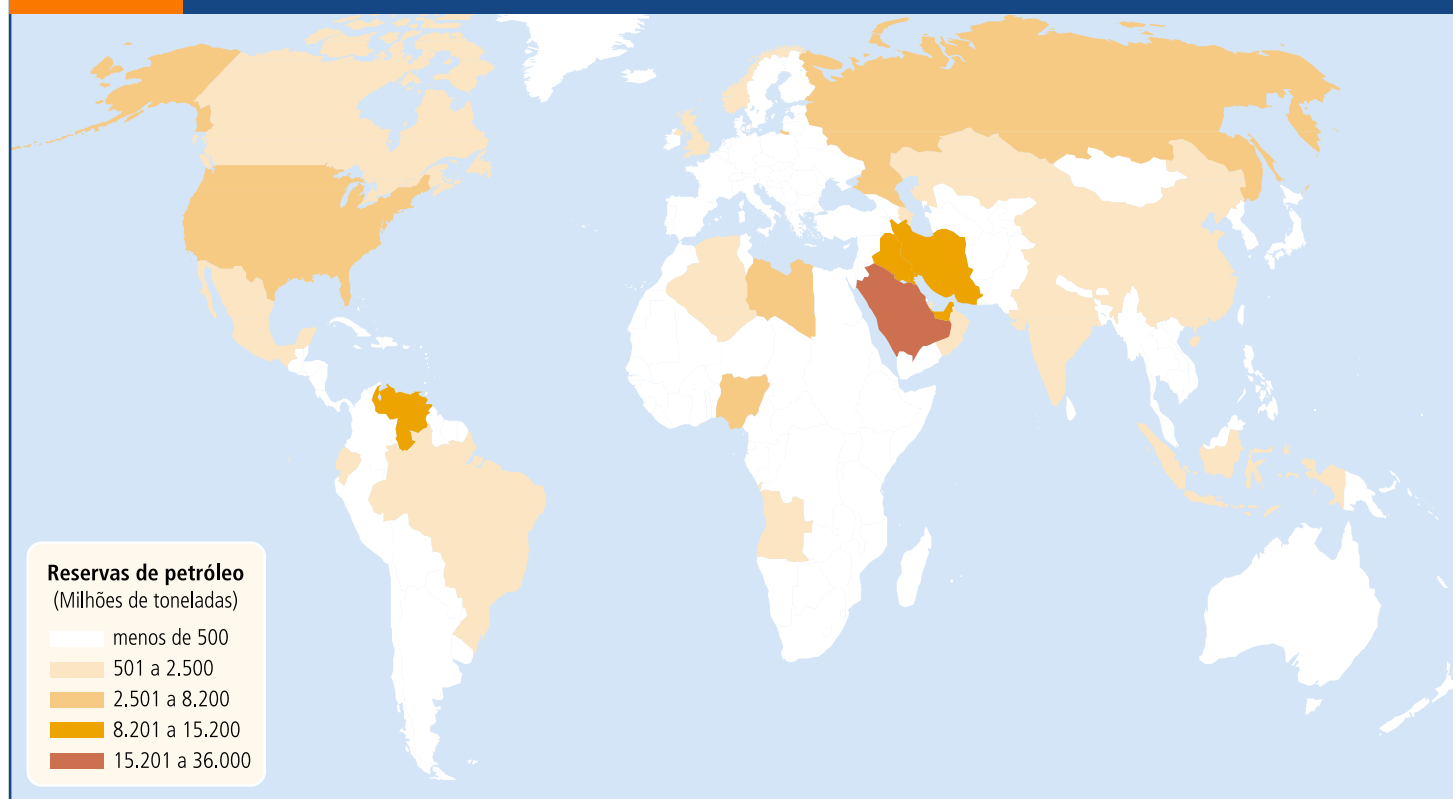
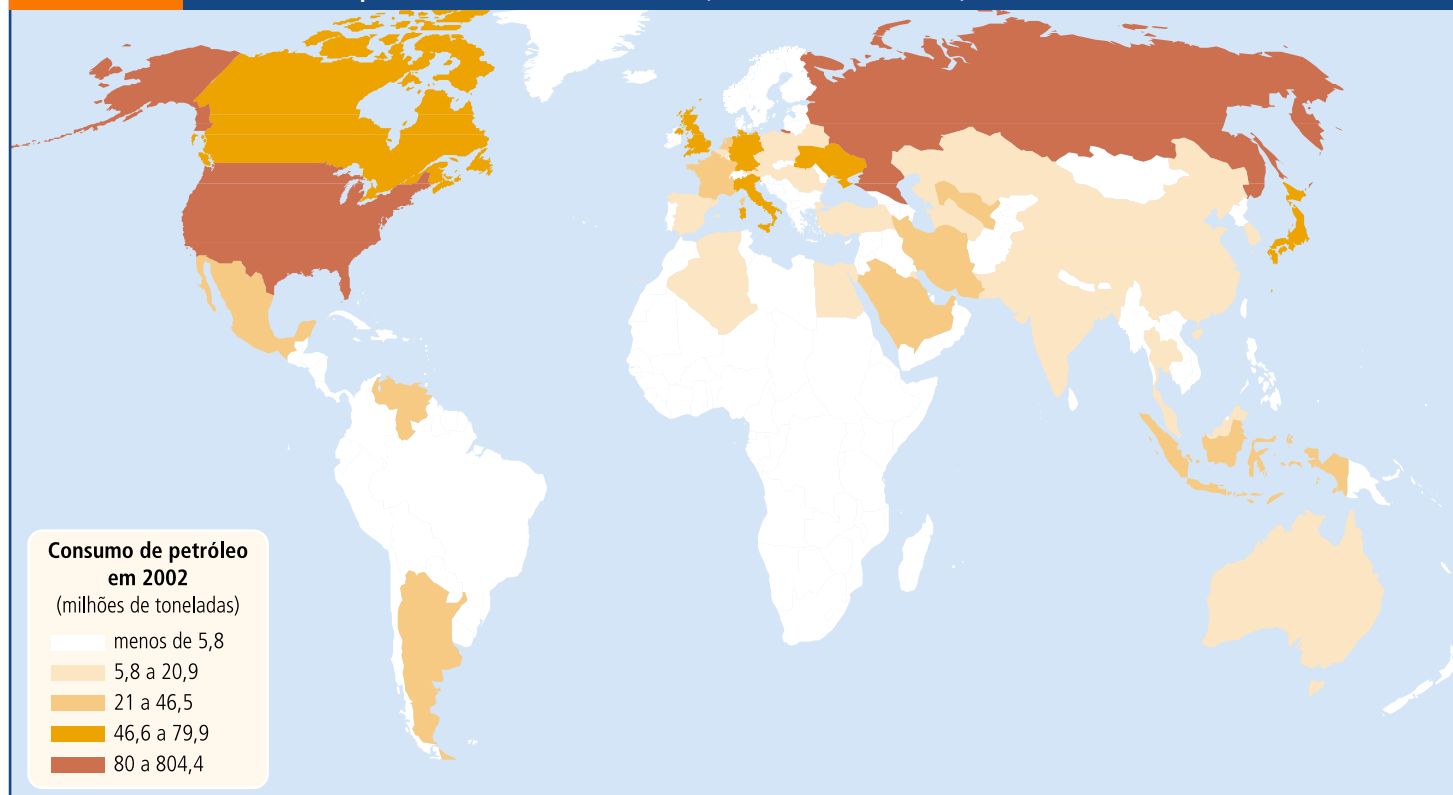


FIGURA 7.2 Consumo de petróleo no mundo em 2002 (milhões de toneladas)



Fonte (figuras 7.1 e 7.2): Elaborado com base em dados de BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY. London: BP, 2003. Disponível em: www.bp.com/worldenergy.

7.3. USO DE DERIVADOS DE PETRÓLEO NA GERAÇÃO DE ELETRICIDADE

A geração de energia elétrica a partir de derivados de petróleo ocorre por meio da queima desses combustíveis em caldeiras, turbinas e motores de combustão interna. A utilização de caldeiras e turbinas é similar aos demais processos térmicos de geração e se aplica ao atendimento de cargas de ponta e/ou aproveitamento de resíduos do refino de petróleo. Os grupos geradores a diesel são mais adequados ao suprimento de comunidades e de sistemas isolados da rede elétrica convencional.

Com exceção de alguns poucos países da OCDE, o uso de petróleo para geração de eletricidade tem sido decrescente desde os anos 1970. O obsolescimento das plantas de geração, os requerimentos de proteção ambiental e o aumento da competitividade de fontes alternativas são os principais responsáveis por isso. Contudo, o petróleo continua sendo muito importante na geração de energia elétrica nesses países, principalmente no suprimento de cargas de pico e no atendimento a sistemas isolados.

Entre 1960 e 1973, o uso de petróleo na geração termelétrica cresceu a uma taxa média de 19% ao ano, chegando a constituir 26% de toda geração de eletricidade no mundo. Em alguns países (Japão, Dinamarca, Itália, Irlanda e Portugal), chegou a representar 60%. Com a crise do petróleo, nos anos 1970, o carvão voltou a ocupar maior expressividade na geração de eletricidade, e fontes alternativas, como o gás natural, tornaram-se mais atrativas (PAFFENBARGER, 1997). Segundo a mesma fonte, a capacidade instalada foi muito reduzida e parte dela foi adaptada para o uso de outros combustíveis, particularmente o gás natural. Em 2001 a participação relativa do petróleo na geração de eletricidade situou-se em torno de 7,5%, segundo a Agência Internacional de Energia (2003).

Aproximadamente 47% da energia elétrica gerada em plantas termelétricas que utilizam derivados de petróleo estão concentrados em seis países (Tabela 7.2).

A partir de 1980, a operação das plantas a óleo começou a ser transferida da base para o pico de demanda do sistema e, conseqüentemente, a taxa de utilização (fator de capacidade) tem sido reduzida. Assim, a capacidade instalada tem sido mais expressiva do que a geração de energia.

Nos anos 1980, a geração termelétrica a óleo foi muito importante, em vários países (Holanda, Reino Unido, Irlanda etc.) para a provisão de flexibilidade de operação e planejamento do sistema. Atualmente, as principais funções de um sistema termelétrico a óleo são as seguintes:

TABELA 7.2

Capacidade instalada das plantas termelétricas a derivados de petróleo e parcela da geração de eletricidade nos países da OCDE

País	Energia Gerada (TWh)	Parcela da Geração Mundial (2001)
Estados Unidos	134	11%
Japão	117	10%
México	93	8%
Arábia Saudita	87	7%
Itália	75	6%
China	47	4%
Outros países	615	53%
Mundo	1168	100%

Fonte: AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – AIE. Key World Energy Statistics: from the IEA. Paris: IEA/OECD, 2003.

1. Atendimento da demanda de ponta;
2. Provisão de flexibilidade de operação e planejamento;
3. Atendimento a sistemas remotos e/ou isolados;
4. Provisão de carga básica ou intermediária, quando não há alternativas mais econômicas.

No caso do Brasil, onde historicamente a geração de energia elétrica é predominantemente hidrelétrica, a geração térmica, particularmente com derivados de petróleo, é pouco expressiva no âmbito nacional. Contudo, tem desempenhado um papel importante no atendimento da demanda de pico do sistema elétrico e, principalmente, no suprimento de energia elétrica a municípios e comunidades não atendidos pelo sistema interligado, como descrito no capítulo 2.

Quanto à geração termelétrica a óleo diesel, em setembro de 2003 havia 412 usinas em operação no Brasil, perfazendo uma capacidade instalada de 4.193,72 MW. Esses empreendimentos são predominantemente formados por pequenos grupos geradores, destinados ao atendimento de comunidades isoladas da rede elétrica, principalmente na região Norte do País, como ilustrado na Figura 7.3. Para maiores detalhes, ver Anexo 6. Além desses empreendimentos, que utilizam diesel, havia ainda naquela data (Tabela 7.3) uma usina com potência de 131 MW, operando com óleo ultra viscoso (Igarapé, no Município de Mateus Leme - MG); 18 operando com óleo combustível, perfazendo cerca 1.036 MW; e mais 7 operando com gás de refinaria (produto secundário), num total de 281,7 MW.

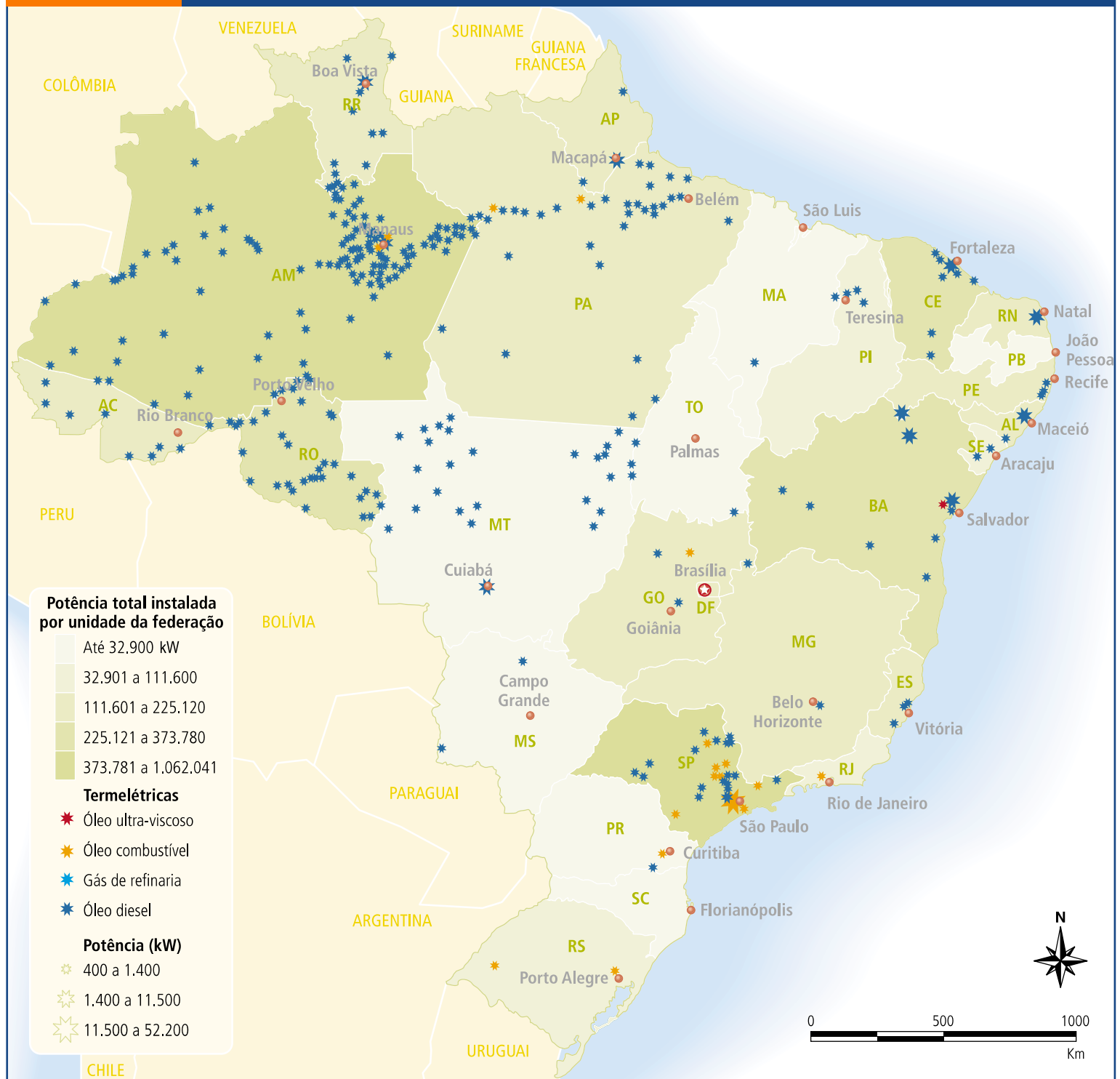
TABELA 7.3 Usinas termelétricas a óleo ultraviscoso, óleo combustível, e gás de refinaria em operação no Brasil em setembro de 2003

Usina	Potência (kW)	Destino da Energia	Proprietário	Município – UF	Combustível
Igarapé	131.000,00	SP	Companhia Energética de Minas Gerais	Mateus Leme – MG	Óleo Ultraviscoso
Alegrete	66.000,00	PIE	Tractebel Energia S/A	Alegrete – RS	Óleo Combustível
Cadam	20.100,00	APE	Caulim da Amazônia S/A	Almeirim – PA	Óleo Combustível
Capuava	18.020,00	PIE	Capuava Energy Ltda.	Santo André – SP	Óleo Combustível
Celpav II	32.600,00	APE	Celpav Celulose e Papel Ltda.	Luis Antônio – SP	Óleo Combustível
Citrosuco	2.300,00	APE	Citrosuco Paulista S/A	Limeira – SP	Óleo Combustível
CNT	16.000,00	APE-COM	Companhia Níquel Tocantins	Niquelândia – GO	Óleo Combustível
Cogeração International Paper (Fases I e II)	50.500,00	APE-COM	International Paper do Brasil Ltda.	Mogi Guaçu – SP	Óleo Combustível
CTE Fibra	9.200,00	APE	Fibra S/A	Americana – SP	Óleo Combustível
Norte	3.898,00	APE	Rhodia Brasil Ltda.	Paulínia – SP	Óleo Combustível
Nutepa	24.000,00	SP	Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica	Porto Alegre – RS	Óleo Combustível
Orsa	4.500,00	APE	Orsa Celulose, Papel e Embalagens S/A	Nova Campina – SP	Óleo Combustível
Piratinga	472.000,00	SP	Empresa Metropolitana de Águas e Energia S/A	São Paulo – SP	Óleo Combustível
Porto Trombetas	43.200,00	APE	Mineração Rio do Norte S/A	Oriximiná – PA	Óleo Combustível
REFAP	21.600,00	APE	Refinaria Alberto Pasqualini	Canoas – RS	Óleo Combustível
Reman	6.400,00	APE	Petróleo Brasileiro S/A	Manaus – AM	Óleo Combustível
Solvay	11.000,00	APE	Solvay Indupa do Brasil S/A	Santo André – SP	Óleo Combustível
Termo Norte I	68.000,00	PIE	Termo Norte Energia Ltda.	Porto Velho – RO	Óleo Combustível
Wartsila	166.360,00	PIE	El Paso Rio Negro Energia Ltda.	Manaus – AM	Óleo Combustível
Refinaria Capuava - RECAP	8.900,00	APE	Petróleo Brasileiro S/A	Mauá – SP	Gás de Refinaria
Refinaria de Paulínea - REPLAN	60.500,00	APE	Petróleo Brasileiro S/A	Paulínia – SP	Gás de Refinaria
Refinaria Duque de caxias - REDUC	63.300,00	APE	Petróleo Brasileiro S/A	Duque de Caxias – RJ	Gás de Refinaria
Refinaria Getúlio Vargas (REPAR)	32.000,00	APE	Petróleo Brasileiro S/A	Araucária – PR	Gás de Refinaria
Refinaria Henrique Lages (REVAP)	30.000,00	APE	Petróleo Brasileiro S/A	São José dos Campos – SP	Gás de Refinaria
Refinaria Landulpho Alves (RLAM)	62.500,00	APE-COM	Petróleo Brasileiro S/A	São Francisco do Conde – BA	Gás de Refinaria
Refinaria Presidente Bernardes - RPBC	24.500,00	APE	Petróleo Brasileiro S/A	Cubatão – SP	Gás de Refinaria

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Banco de Informações de Geração – BIG. 2003. Disponível em: www.aneel.gov.br/15.htm.

FIGURA 7.3

Centrais termelétricas em operação no Brasil (derivados de petróleo) e potência instalada segundo unidades da Federação – situação em setembro de 2003



Fonte: Elaborado com base em dados de AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Banco de Informações de Geração - BIG. 2003. Disponível em: www.aneel.gov.br/15.htm.

Em relação aos novos empreendimentos, em setembro de 2003, havia treze autorizados, perfazendo uma potência instalada de cerca de 774 MW (tabela 7.4). Entre esses projetos, destaca-se a autorização para a construção da Central Termelétrica COFEPAR, da Companhia de Fertilizantes e Energia do Paraná Ltda., no Município de Araucária – PR, com capacidade de geração, a partir de óleo ultraviscoso, por volta de 670 MW. Naquela data não havia registro de empreendimento em construção, cujo o combustível fosse derivado do petróleo.

7.4. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS

Os principais impactos da geração de energia elétrica a partir de derivados de petróleo decorrem da emissão de poluentes na atmosfera, principalmente os chamados gases de efeito estufa (GEE). Os mais problemáticos são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso N₂O.

Pelo menos parte das mudanças climáticas verificadas nas últimas décadas, entre elas o aumento da temperatura média do planeta, tem sido atribuída ao aumento da concentração desses gases na atmosfera. Grande porção dessas emissões decorre da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) para a geração de energia elétrica.

Uma das possíveis conseqüências do aquecimento global do planeta é o derretimento de grandes geleiras (notadamente na Antártida) e, por conseguinte, a elevação do nível do mar e o alagamento de áreas costeiras e insulares, atingindo grandes contingentes de pessoas e animais silvestres e alterando a biodiversidade dessas regiões.

Entre outros poluentes atmosféricos decorrentes da queima de derivados de petróleo, principalmente em plantas termelétricas, destacam-se o dióxido de enxofre (SO₂) e o chamado material particulado, constituído de pós e cinzas em suspensão nos gases emitidos durante a queima de combustíveis fósseis. Além de alterações na biodiversidade local, esses poluentes provocam diversos males à saúde humana, como distúrbios respiratórios, alergias, lesões degenerativas no sistema nervoso e em órgãos vitais, câncer etc. (KOMPAC, 2001). Esses distúrbios tendem a se agravar no inverno, quando inversões térmicas provocam o aprisionamento do ar quente e dificultam a dispersão dos poluentes.

Existem, contudo, tecnologias e processos que permitem a remoção desses poluentes e a redução de seus efeitos nefastos. Os equipamentos mais usuais são os ciclones e os precipitadores eletrostáticos, mais eficientes na remoção de partículas mais grosseiras. Esses equipamentos podem ser combinados com dispositivos mais eficientes, como os filtros cerâmicos e de mangas, que podem remover até 99% do material particulado (KOMPAC, 2001).

TABELA 7.4 Futuras termelétricas (derivados de petróleo) – situação em setembro de 2003

Usina	Potência (kW)	Destino da Energia	Proprietário	Município – UF	Combustível	Situação
Alunorte	27.840	APE-COM	Alumina do Norte do Brasil S/A	Barcarena - PA	Óleo Combustível	Apenas outorgada
Cidade Nova	17.600	-	-	-	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Cofepar	671.800	PIE	Conversora de Fertilizante e Energia do Paraná Ltda.	Araucária - PR	Óleo Ultraviscoso	Apenas outorgada
Corumbiara	960	PIE	Guascor do Brasil Ltda.	Corumbiara - RO	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Fazenda Cachoeira	60	-	-	Formosa do Rio Preto - BA	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Fordlândia	960	SP	Centrais Elétricas do Pará S/A	Aveiro - PA	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Grendene Fortaleza	1.500	-	-	-	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Grendene Sobral	4.500	-	-	-	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Kaiser - Feira de Santana	1.600	-	-	-	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Ribeirão Shopping	1.360	-	-	-	Óleo Diesel	Apenas outorgada
São José	41.600	-	-	-	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Termomecânica	3.824	-	-	-	Óleo Diesel	Apenas outorgada
Vila dos Palmares	200	SP	Centrais Elétricas do Pará S/A	Tailândia - PA	Óleo Diesel	Apenas outorgada

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Banco de Informações de Geração – BIG. 2003. Disponível em: www.aneel.gov.br/15.htm.

