

Xisto betuminoso

HILNOR CANGUÇU DE MESQUITA*

1. *Generalidades*; 2. *Processamento do xisto*; 3. *O xisto no Brasil*; 4. *Perspectivas da industrialização do xisto no Brasil*; 5. *Considerações finais*.

1. Generalidades

1.1 Nome incorreto, mas consagrado pela tradição

A designação de *xisto betuminoso* é dada, vulgarmente, a certas rochas sedimentares que contêm, disseminado pela sua parte mineral, um composto orgânico de composição bastante variável, que, sob a ação do calor, se decompõe em gás e óleo, ambos ricos em hidrocarbonetos encontrados no petróleo natural, permanecendo na rocha um resíduo carbonoso.

É imprópria, para essas rochas, a designação de *xisto*, porquanto este nome está classicamente reservado a tipos determinados de rochas de origem metamórfica. Não cabe, tampouco, a designação de *betuminoso*, uma vez que o composto orgânico a que fizemos referência não tem características de betume: este último, na realidade, só é produzido mediante a pirólise daquele composto, chamado comumente de *querogênio*.

Mas a força da tradição é enorme.

Embora sabendo ser duplamente inadequada a designação, já que o material não é *betuminoso* e nem mesmo é *xisto*, os próprios técnicos e estudiosos continuam a chamar tais rochas de *xisto betuminoso* em vez de a elas se referirem como *folhelhos pirobetuminosos*, que seria o mais correto. E, cedendo à tradição, assim também o faremos no presente trabalho.

1.2 Principais ocorrências de xisto no mundo

Em ocorrências de extensão variada, têm sido encontradas jazidas de xistos betuminosos na Europa, Ásia, África e nas Américas.

* Engenheiro da Petrobrás. Membro do corpo docente e chefe da Divisão de Assuntos Políticos da Escola Superior de Guerra.

As mais conhecidas são as da Escócia, da França (região de Autun), da Suécia (Kvarntorp), Espanha (Puertollano), Estônia, Alemanha, Manchúria, EUA (Colorado), África do Sul e Brasil.

São xistos de características muito diversificadas. Os da Estônia, por exemplo, são particularmente ricos, produzindo cerca de 24% (em peso) de óleo, três vezes mais que o xisto do Colorado, que rende uns 8% de óleo (resultados do ensaio Fischer, método mais generalizado de avaliação de xistos). Também os xistos suecos dão um rendimento em óleo da ordem de 8% no ensaio Fischer, mas liberam, na retortagem, considerável quantidade de enxofre, circunstância que favorece a economicidade do processo.

2. Processamento do xisto

2.1 *Considerações preliminares*

A produção de hidrocarbonetos líquidos ou gasosos, pela pirólise de xistos, vem sendo objeto de pesquisas em muitos países. Em alguns casos, foi possível chegar à exploração industrial do xisto; exemplos marcantes vamos encontrar na Estônia e na Manchúria, além de empreendimentos de dimensões mais reduzidas na Espanha, Alemanha Ocidental, África do Sul e Suécia.

É oportuno lembrar que cada xisto exige um esquema próprio para seu processamento. Isto acontece porque são muitos e muito variados os parâmetros que influem sobre a economicidade do processo. Sem nos referirmos aos aspectos relacionados com a escala das operações, mencionaremos, entre muitas outras, as variáveis seguintes como sendo particularmente pertinentes:

- a) tipo de mineração (em galeria ou a céu aberto);
- b) relação, em peso, xisto/estéril;
- c) beneficiamento (separação entre xisto e rochas não-oleígenas; condições de britagem; obtenção de cargas homogêneas);
- d) teores de óleo e de umidade;
- e) natureza da parte mineral do xisto (argila ou calcário, por exemplo);
- f) presença, nos produtos de retortagem, de substâncias que melhorem a economia da produção do óleo (enxofre recuperável, por exemplo).

Compreende-se, desta forma, que certos esquemas de processamento, que têm êxito com um dado xisto, não possam ser aplicados na industrialização de rochas de outras formações ou de outras jazidas, ainda que pertencentes à mesma formação geológica.

Será o conjunto das operações de mineração, beneficiamento, pirólise, despejo de rejeitos e tratamento de óleo e de gás, que irá determinar a viabilidade ou não de um dado esquema de industrialização de xisto. De todo o conjunto de operações que acabamos de mencionar, pode-se dizer

que apenas a pirólise é peculiar ao xisto. Na mineração ou na britagem, no despejo dos rejeitos, nos tratamentos do óleo ou do gás, faz-se uso de técnicas e processos já bem conhecidos e dominados.

Por este motivo, passaremos a apreciar, embora sucintamente, os principais processos de pirólise de xisto, decorrentes de pesquisas realizadas em vários países.

2.2 Esquemas de pirólise

Os esquemas de pirólise, também ditos esquemas de “retortagem”, podem ser agrupados em três classes, segundo o modo de fornecimento de calor à carga de xisto.

O calor pode ser:

- a) gerado no interior da retorta;
- b) gerado externamente à retorta, e transmitido ao xisto através de uma parede;
- c) gerado externamente à retorta, e transmitido ao xisto pelo contato entre este último e um veículo de calor que percorre o vaso de pirólise.

2.2.1 Esquemas com geração de calor no interior da retorta

Nos processos desta classe, provoca-se a combustão parcial ou total da carga contida na retorta. O calor gerado na combustão realiza a pirólise do xisto e, ao mesmo tempo, facilita a queima dos gases e frações leves resultantes da própria pirólise, de modo a sustentar o prosseguimento da operação.

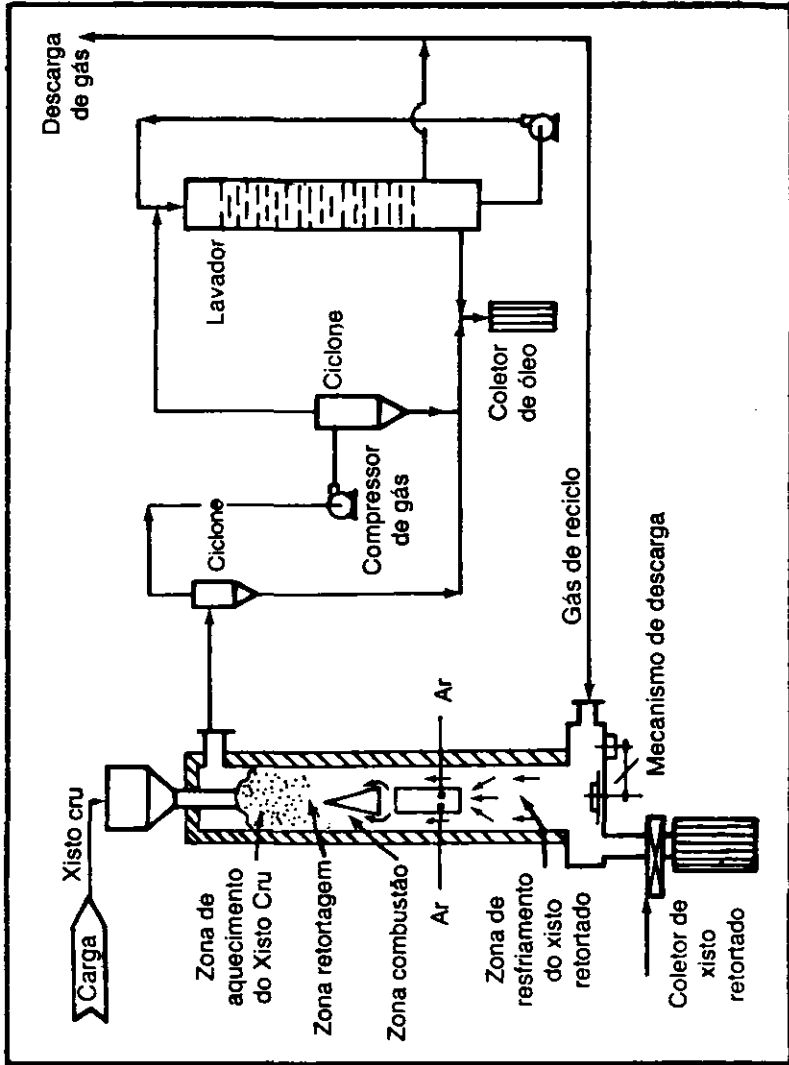
Esta classe de esquemas — representada simplificada pela figura 1 — é utilizada em retortas como a *gas combustion* (do U. S. Bureau of Mines), a desenvolvida pela Union Oil e as retortas Pintsch, Pumpherson e Lurgi-Hubofen.

Nos esquemas desta classe, faz-se injeção, na retorta, de uma corrente de ar (ou seja, de uma corrente gasosa contendo oxigênio), que atravessa a massa de xisto, provocando a queima do gás de pirólise. Para regular a temperatura na zona de combustão, é também introduzida na retorta uma corrente de gás de reciclo. Esta regulação de temperatura é necessária não só para evitar a destruição por queima dos produtos que se deseja recuperar, como também para que o resíduo da retortagem não venha a atingir níveis de temperatura muito altos, o que levaria à sua clinquerização.

Os produtos da retortagem são:

- a) gás residual de combustão, sem utilização industrial, a não ser o eventual aproveitamento do seu calor sensível;
- b) óleo, semelhante ao petróleo;
- c) resíduo sólido, constituído pela parte mineral sobre a qual se deposita uma leve camada carbonosa.

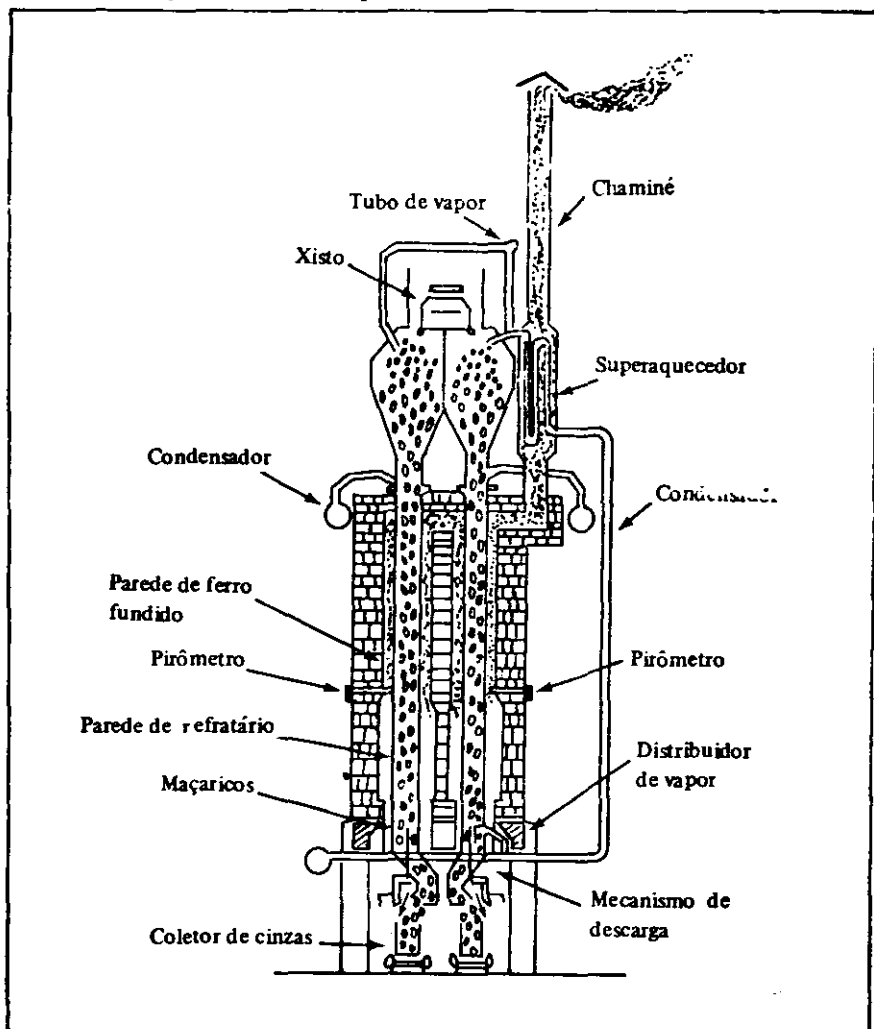
Figura 1 — Fluxograma do processo GÁS COMBUSTION



2.2.2 Esquemas com geração externa de calor e transmissão ao xisto através da parede da retorta

A figura 2, representando a retorta sueca Rockesholm, dá uma idéia do funcionamento de instalações que utilizam tais esquemas. Como indica o desenho, são os gases oriundos de uma fornalha que aquecem externamente os tubos por onde passa o xisto, e provocam a decomposição térmica.

Figura 2 – Corte esquemático da retorta Rockesnoim.



A fração gasosa, produzida na pirólise, não é destruída por queima, uma vez que não entra em contato com oxigênio, podendo ser recuperada e utilizada como gás combustível ou como matéria-prima industrial.

A principal desvantagem está na necessidade de tubos de retortagem relativamente estreitos, para assegurar bom rendimento na transferência de calor, baixa capacidade de processamento, em cada retorta, exigindo grande número de unidades para se chegar a escalas elevadas de produção.

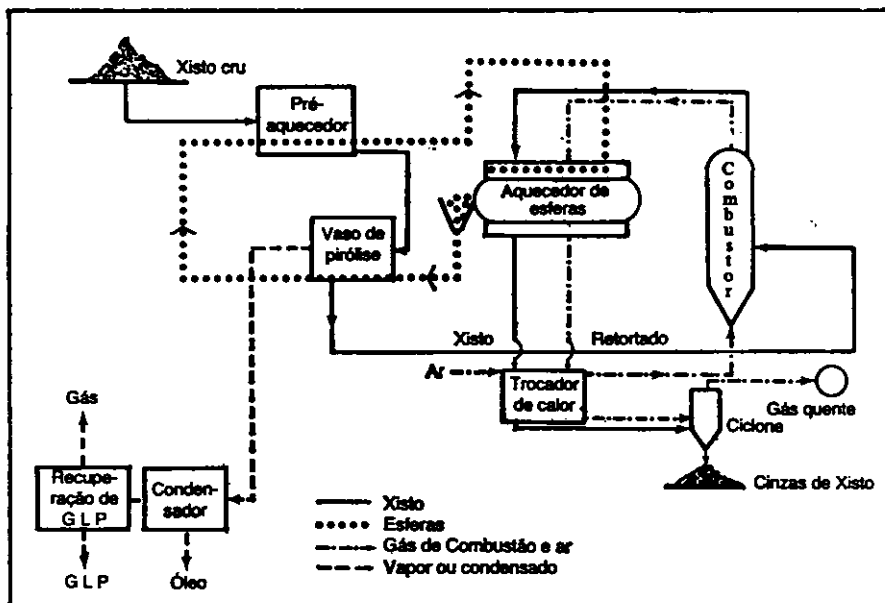
2.2.3 Esquemas com geração externa de calor fornecido ao xisto pelo contato com um veículo térmico, sólido ou gasoso

Nesta classe de esquemas, partículas sólidas ou um gás, aquecidos fora da retorta, são introduzidos nesta e, graças a seu contato íntimo com o xisto, aquecem-no até a temperatura de pirólise.

Tais esquemas incorporam a vantagem de, não permitindo a entrada de oxigênio no vaso de pirólise, ensejar o aproveitamento do gás de retortagem e a recuperação de substâncias valiosas que ele contenha. Toda a eficácia do processo depende, em grande parte, da eficiência que venha a ser conseguida no aquecimento (externo à retorta) do veículo de calor e na troca de calor (dentro da retorta) entre este veículo e o xisto a pirrolisar.

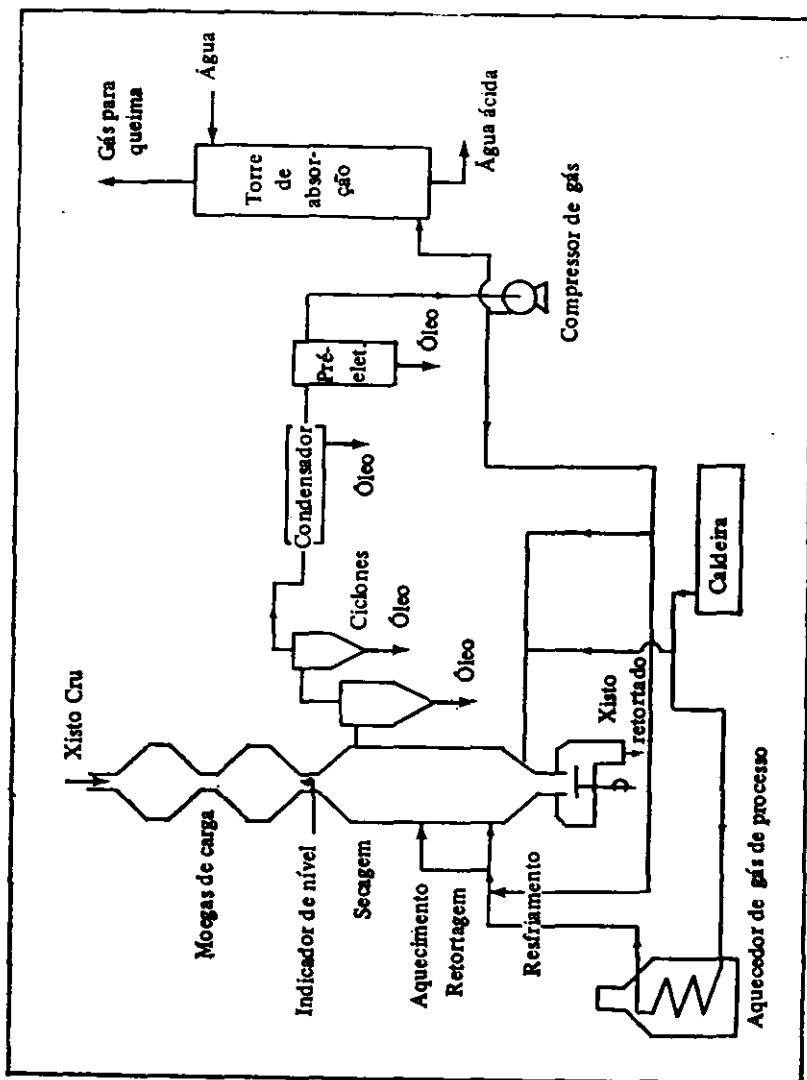
O processo Aspecto, indicado na figura 3, usa esferas de cerâmica como veículo de calor. As esferas, de diâmetro ligeiramente superior às dimensões das partículas de xisto que constituem a carga, são misturadas ao xisto que entra no vaso de pirólise, aquecendo-o à temperatura desejada. Após a decomposição térmica do *querogênio*, matéria orgânica contida no xisto, as esferas são separadas do xisto retornado por processos de peneiração e levadas a um vaso onde se faz a queima do depósito carbonoso que se lhes tenha aderido. Esta queima e, se necessário, a de combustível adicional, levam novamente as esferas de cerâmica à temperatura de ingresso no vaso de pirólise, para aquecimento de novas porções de xisto.

Figura 3 — Fluxograma do Processo Aspecto



Já no processo Petrosix, o próprio gás de pirólise é reciclado. Uma parte, denominada *reciclo frio*, é injetada no fundo da retorta, aquecendo-se em contato com o xisto retortado, ou seja, recuperando seu calor sensível e diminuindo as necessidades de combustível externo. A outra porção, chamada *reciclo quente*, passa por um aquecedor de gases que lhe fornece o calor a ser mais tarde transmitido ao xisto com vistas a levá-lo à temperatura de pirólise. A figura 4 indica como se faz a retortagem do xisto pelo processo Petrosix, patenteado pela Petrobrás (o gás sobe enquanto o xisto desce por gravidade).

Figura 4 - Fluxograma original do processo Petrosix (Usina-piloto de Tremembe, S P)



2.2.4 A retortagem *in situ*

Chama-se retortagem *in situ* a pirólise do xisto feita sem retirá-lo da jazida. Trata-se de um processo em que, pela injeção de ar quente no interior das camadas de xisto (que poderão ser *afrouxadas* com explosivos), provoca-se, tal como nos processos referidos no item 2.2.1, o aquecimento do xisto mediante a combustão de parte de seu querogênio. O óleo produzido na pirólise é retirado, pelo emprego de técnicas convencionais, de cavidade subterrânea em que se acumulou.

A retortagem *in situ* apresentaria a vantagem de dispensar as operações de mineração e transporte do xisto, assim como as de preparação de cargas, além de não exigir a construção e operação de retortas. Suas principais desvantagens seriam o baixo rendimento na recuperação do óleo (aderência às rochas, na jazida) e dissipação do calor no aquecimento de camadas estéreis.

Este processo, contudo, é aqui mencionado apenas a título de curiosidade, pois são escassas as informações sobre ensaios nele baseados, quer no tocante a rendimentos de produção, quer no que diz respeito a estimativas preliminares de custo.

2.3 Realizações em escala industrial

A mais importante usina industrial de processamento de xisto é a de Kohtla Yarve, na Estônia. O xisto é pirolisado com vistas à produção máxima de *gás combustível*. Para tanto, o óleo obtido no processamento do xisto é, por sua vez, submetido à pirólise. Os produtos obtidos são: gás combustível (incondensável), frações leves condensadas (nafta) e óleo residual pesado — além, evidentemente, do resíduo sólido.

Em Kohtla Yarve são processados cerca de 5 milhões de toneladas de xisto por ano. Outros 5 milhões são anualmente consumidos em queima direta, como combustível industrial (inclusive em uma central termelétrica), pois o material é extremamente rico (aproximadamente 24% de óleo, no ensaio Fischer).

O resíduo sólido do xisto estoniano permite, entre outras utilizações, a fabricação de tijolos leves para a construção civil.

Uma outra grande instalação industrial é a usina de Fu-shun, na Manchúria, onde se produziu grande parte do óleo combustível consumido pela armada nipônica durante a II Guerra Mundial.

Não há informações precisas e confiáveis sobre a usina de Fu-shun. Existem indicações de que a produção de óleo seja, presentemente, da ordem de 30 a 35 mil barris diários.

Na Suécia, o processamento visava à obtenção de óleo, substituto para o petróleo. A usina era constituída de baterias de retortas Kvarntorp e Rockesholm (estas últimas referidas no item 2.2.2 e representadas simplificadaamente na figura 2), existindo também equipamentos de outros tipos (Ljungstrom e Gustafson). A produção anual era da ordem de 500 mil

barris de óleo combustível e 200 mil barris de gasolina. Os principais subprodutos eram enxofre (34 mil toneladas) e amônia (15.000 toneladas/ano).

A usina sueca, operada pela firma Svenska Skifferolje, encerrou suas atividades em 1962. A empresa não revelou ao público as razões que lhe determinaram a decisão de dissolver-se. Acredita-se, contudo, que as principais foram:

a) facilidade de obtenção, a menor preço, dos combustíveis que vinham sendo produzidos na usina (tenha-se em conta o baixo preço a que era colocado o petróleo soviético no mercado mundial);

b) perda, para o enxofre francês de Lacq, do mercado interno de enxofre, que era o principal sustentáculo da economicidade, aliás precária, das operações industriais.

Na cidade de Puertollano, Espanha, a Companhia Calvo Sotelo opera uma usina de dimensões médias, explorando um xisto com teor de óleo de 10 a 17%. O processamento anual, da ordem de 900 mil toneladas, dá uma produção bastante diversificada que abrange, além de combustíveis líquidos e solventes diversos, a possibilidade de colocar no mercado parafinas, lubrificantes e fertilizantes nitrogenados, bem como ácido sulfúrico e ácido nítrico concentrado.

O processamento de xisto, na Alemanha Ocidental, é feito em usinas de pequeno porte, que aproveitam as características do xisto retornado para, além da pequena produção de combustíveis (em grande parte consumidos na própria usina), fabricar cimento, tijolos especiais e material para liga hidráulica.

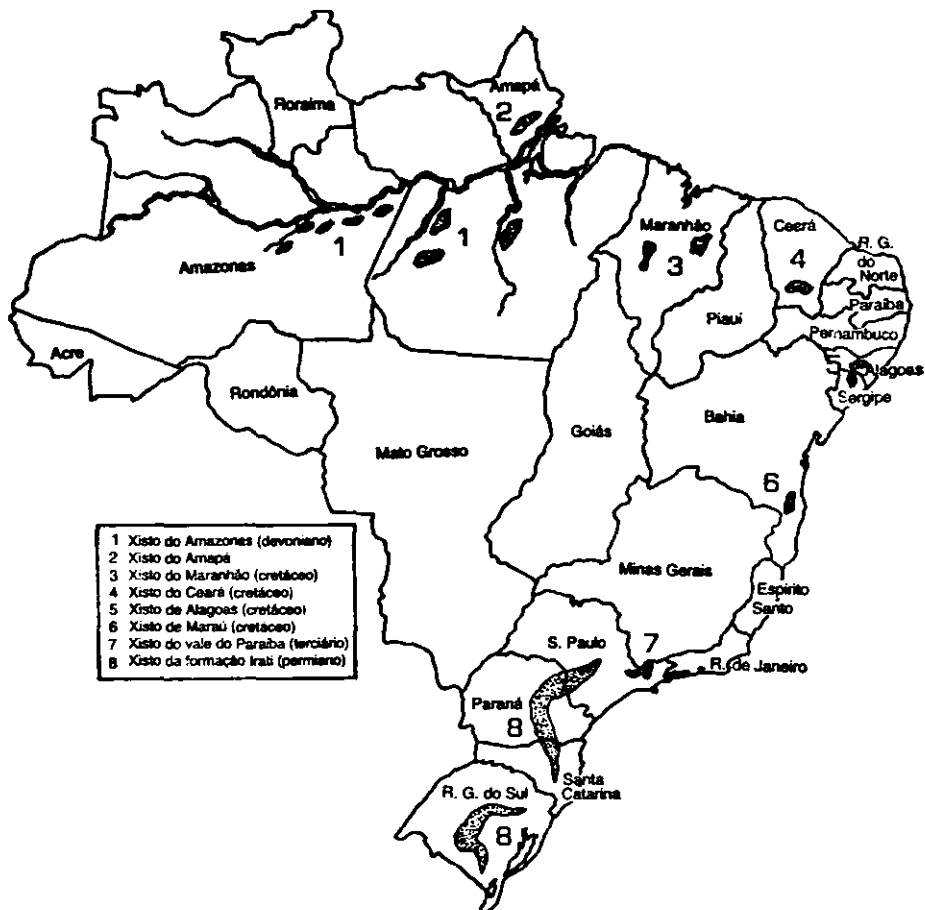
3. O xisto no Brasil

3.1 *Ocorrências*

As mais conhecidas e mais estudadas jazidas de xisto, em nosso país, são as do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, e a Formação Irati, que se estende do sul do Estado de São Paulo, até o Rio Grande do Sul (prolongando-se, inclusive, pelo Uruguai).

Existe, ainda, a pequena jazida de Maraú, no Estado da Bahia. Foi constatada, também a presença de xisto em Barra do Corda e Codó, no Maranhão, e em pontos diversos no médio Vale Amazônico, no Amapá, em Alagoas, no Ceará e em Goiás (veja figura 5); não se conhece, entretanto, seu valor como reservas.

Os xistos diferem bastante, entre si, tanto na composição como na própria idade geológica. Conhecem-se alguns resultados de ensaios de pirólise dos vários xistos brasileiros, mas poucos são os estudos metódicos (envolvendo geologia, mineração e processamento) que, pode-se dizer, só foram realizados com relação às jazidas do Vale do Paraíba e de Irati.



O xisto de Marau despertou atenção, há alguns anos, por seu elevado teor de óleo. Verificado, porém, que a reserva total em óleo não chega a 500 mil barris, desapareceu praticamente o interesse pelo seu estudo como reserva estratégica.

O depósito mais extensamente estudado era, até poucos anos, o do Vale do Paraíba, situado no triângulo formado pelas cidades de Taubaté, Tremembé e Pindamonhangaba. Na área, que tem cerca de 200km², foi constatada grande continuidade na formação, que consta de seis principais camadas de xisto (espessuras variando de 1 a 9 metros), intercaladas com camadas de estéril (espessuras de 1,5 a 5,5 metros) e recobertas por um capeamento médio de 21 metros.

O teor de óleo de xisto, nas proximidades de Tremembé, é da ordem de 8% (base seca). A grande desvantagem está no elevadíssimo teor da

água, da ordem de 33%, que contribui para reduzir a viabilidade econômica do processamento.

A Formação Irati, pela sua grande extensão de perto de 1.600km, atraiu a atenção dos técnicos da Petrobrás que constataram, na área de São Mateus do Sul, Paraná, a presença de apenas duas camadas, espessas e regulares, o que viria a facilitar a mineração seletiva. Por outro lado, o teor médio de óleo é de pouco mais de 7%, mas a umidade média fica situada na faixa dos 5%, o que constitui grande vantagem para a economia do processo.

Na área estudada pela Petrobrás, a noroeste de São Mateus do Sul (distante 140km de Curitiba), foi possível cubar, em 82km², a existência de uma reserva da ordem de 650 milhões de barris (cálculo feito à base de resultados do ensaio Fischer). Outras áreas da mesma formação foram também estudadas, destacando-se as de São Gabriel e Dom Pedrito, no Rio Grande do Sul, onde as reservas são, respectivamente, de 240 e 460 milhões de barris. Note-se que estas reservas poderão ser aumentadas substancialmente, se for constatada a viabilidade de mineração subterrânea nos locais onde o mergulho da formação acarretar espessuras de capeamento da jazida superiores a 30 metros, que foi o valor limite adotado em todas as hipóteses de mineração a céu aberto.

3.2 *Um pouco de história*

Houve, no Brasil, diversos empreendimentos visando ao aproveitamento industrial do xisto betuminoso.

Em 1884, foi montada uma usina para processamento do xisto de Maraú, com objetivo de produzir óleos iluminantes, ácido sulfúrico e parafinas. A iniciativa, do cidadão inglês John Cameron Grant, teve vida muito curta.

Pouco antes, em 1881, outro cidadão britânico, Charles Normaton, passou à Companhia de Gás e Óleo de Taubaté a concessão que lhe fora outorgada para produzir gás iluminante e outros derivados, a partir do xisto do Vale do Paraíba. Foi breve, também, a duração do empreendimento pois a usina, já em 1884, deixou de operar. Houve outras tentativas, em Tremembé e Pindamonhangaba, também sem êxito. Ao ser instalada, em 1950, a CIXB (Comissão de Industrialização do Xisto Betuminoso), incorporada em 1951 ao Conselho Nacional de Petróleo, ainda existiam, em Tremembé a Panal e, em Pindamonhangaba, a DOX (Destilaria de Óleo de Xisto) e a CIRB (Companhia Industrial de Rochas Betuminosas), que perseguiram, sem sucesso, o objetivo de dar aproveitamento industrial aos folhelhos oleígenos do Vale do Paraíba.

A Formação Irati foi, igualmente, alvo de tentativas de industrialização, encorajadas por ocasião da II Guerra Mundial. Foram marcantes os empreendimentos da firma M. Lupion & Cia. e do proprietário de ônibus e caminhões Roberto Angewitz (conhecido em São Mateus do Sul como *Perna-de-pau*, em virtude de seu defeito físico). Seus esforços lhes permitiram manter em operação, usando gasolina de xisto, as frotas de transporte

industrial José Schor e o engenheiro industrial Cel. Renato Imbiriba Guerreiro.

A CIXB realizou, no Vale do Paraíba, intenso trabalho de sondagens, coleta e análise de amostras: 5.281 metros perfurados, 8.197 análises diversas. Os resultados permitiram que se chegasse à cifra de 2 bilhões de barris de óleo, no cálculo da reserva existente na área de 200km² submetida a estudos.

Desde 1952 e durante todo o ano de 1953, a CIXB manteve contatos e discussões, no Brasil e no exterior, com especialistas do U. S. Bureau of Mines e de Firms como Lurgi, C. Otto e Union Oil.

Com o assessoramento da Foster Wheeler Corporation, a CIXB, que já operava em Tremembé (SP) um laboratório de análises, fez construir uma Estação de Dados Básicos de Engenharia, na mesma cidade. Aquela estação veio mais tarde a se transformar em usina piloto, designada, então, como Estação Experimental de Processamento.

Passando a contar com o assessoramento de firma especializada dos EUA (a Cameron & Jones, de Denver, Colorado) os pesquisadores da antiga CIXB, incorporada à Petrobrás como Superintendência da Industrialização do Xisto (SIX), realizaram numerosos estudos e corridas experimentais, testando a adequação dos processos de combustão interna ao xisto do Vale do Paraíba. Paralelamente, foram realizados estudos e experiências que conduziram a um novo processo, patenteado sob o nome de Petrosix (veja item 2.2.3 e figura 4), que se mostrou particularmente apropriado para o processamento do xisto na Formação Irati.

Em 1960, a firma assessora Cameron & Jones apresentou um estudo técnico-econômico de viabilidade, para a industrialização do xisto do Irati, baseado na produção diária de 10.000 barris de óleo, que seriam acompanhados de cerca de 750 barris de GLP (gás liquefeito de petróleo), 360 mil metros cúbicos de gás combustível e 160 toneladas de enxofre.

Restavam, contudo, numerosas indefinições, que só poderiam ser eliminadas mediante a operação com equipamentos já de dimensões industriais. Decidiu, então, a Petrobrás, construir em São Mateus do Sul uma usina-protótipo, cujo equipamento central seria uma retorta com 5,5 metros de diâmetro, capaz de processar cerca de 2.200 toneladas de xisto por dia, com o propósito de:

- a) comprovar, em equipamentos com dimensões em escala industrial, a aplicabilidade do processo Petrosix ao processamento do xisto da Formação Irati;
- b) testar a operabilidade, nessa escala, de equipamentos não-convencionais (mecanismo anti-segregacional de carga e mecanismo de descarga do xisto retornado, por exemplo);
- c) determinar as faixas ótimas de variação de parâmetros operacionais;
- d) obter dados de base para o projeto de usinas industriais de grande porte, inclusive no tocante a estimativas mais confiáveis dos custos de produção do óleo.

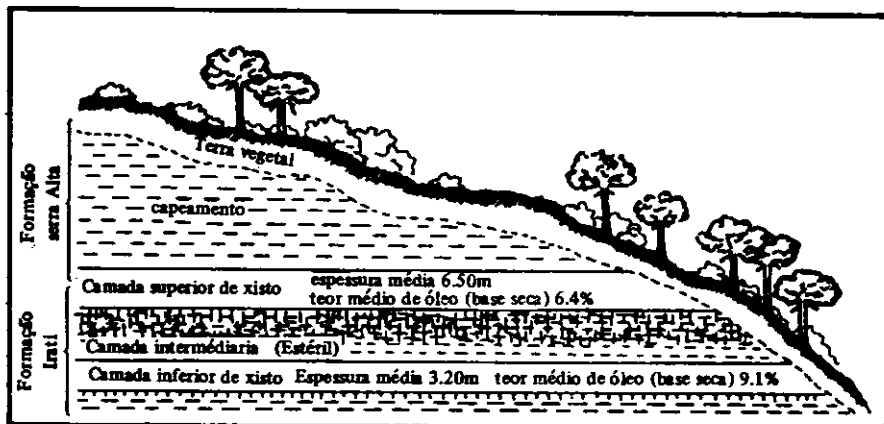
3.4 Comparação entre os xistos da Formação Irati e do Vale do Paraíba

Várias foram as razões que levaram a Petrobrás a concentrar seus esforços no estudo e experimentação do processamento do xisto do Irati (XI), em detrimento do xisto do Vale do Paraíba (XVP).

Em primeiro lugar, devem ser citados os problemas previsíveis no tocante à mineração, cuja seletividade teria que ser mais apurada no caso do Vale do Paraíba (maior número de camadas, algumas com espessura bastante reduzida). Ainda no que diz respeito à mineração, a viscosidade do material iria exigir procedimentos especiais para permitir a preparação, constituição e operação das pilhas de carga.

Sob estes aspectos, a comparação é nitidamente favorável ao xisto do Irati (à época estudada apenas a região de São Mateus do Sul), com suas duas espessas camadas (ver figura 7) onde o xisto se separa em grandes placas quando atacado pelas máquinas extratoras.

Figura 7 – Corte típico da formação Irati – S. Mateus do Sul - Paraná



Outra grande desvantagem do XVP está no seu elevado teor de água, que é da ordem de 33%, muito maior do que os 5 a 7% verificados no XI. Assim, o consumo de combustível, para eliminação da umidade, pesa de modo tremendamente desfavorável em relação ao XVP. Com efeito, para que se obtenha uma tonelada de xisto seco, será necessário vaporizar:

- no caso do XI com 7% de umidade (situação mais desfavorável), 75kg de água;
- no caso do XVP com 33% de umidade (teor médio), 492kg de água, existentes no xisto *in natura*.

Outro aspecto desfavorável para o XVP é a quase total ausência de créditos resultantes da recuperação de enxofre, ao passo que, no processamento do XI, consegue-se recuperar cerca de 16 toneladas de enxofre dos gases de retortagem, para cada mil barris de óleo produzido.

Igualmente inexpressivo é o teor de hidrocarbonetos de três e quatro átomos de carbono nos gases oriundos da pirólise do XVP, ao passo que, no processamento do XI, a condensação daqueles hidrocarbonetos é que produz o GLP, na proporção aproximada de 75 barris para cada mil barris de óleo de xisto, constituindo-se em crédito para a economia global do processo.

Foram estas as principais considerações que conduziram a Petrobrás a dar prioridade à finalização dos estudos sobre o xisto do Irati, do que resultou — como vimos — a decisão de construir, no Paraná, em São Mateus do Sul, uma usina-protótipo.

Parece oportuno deixar bem claro que a Usina de São Mateus do Sul já não é uma *usina piloto*, mas sim um *protótipo*, em seus equipamentos essenciais, dos componentes que irão integrar uma usina industrial. Usina piloto, pelas suas dimensões (retorta com 55 centímetros de diâmetro), capacidade de processamento (20 toneladas diárias), e finalidades (testar processos), era a que funcionou em Tremembé, SP. A de São Mateus do Sul, pelo porte (retorta com diâmetro de 5 metros e meio), capacidade de processamento (duas mil e duzentas toneladas diárias de xisto) e, principalmente, pelas suas finalidades — expostas na parte final do item 3.3 — é antes um *protótipo industrial*, não mais lhe cabendo a designação de *piloto*.

3.5 A xistoquímica

Até este ponto, o aproveitamento industrial dos xistos betuminosos vem sendo considerado sob a ótica da produção de derivados energéticos — óleo, gás liquefeito, gás combustível etc. Como subproduto, verificou-se a possibilidade de obtenção de enxofre elementar.

Existe, contudo, um outro enfoque, também merecedor de consideração: o processamento com vistas a obter matérias-primas para a indústria química.

A semelhança da petroquímica ou da carboquímica — indústria química cuja matéria-prima tem origem no petróleo ou no carvão — criou-se o nome de *xistoquímica* para a indústria que teria por matéria-prima substâncias resultantes do processamento do xisto.

Sabendo-se que são muito variados, em suas propriedades, os diversos tipos de xisto, qualquer empreendimento xistoquímico terá que ser especificamente equacionado a partir do xisto a ser processado com tal finalidade.

O fato de se encontrar presente nos gases de pirólise, como hidrogênio sulfurado, uma boa parte do enxofre do xisto, torna fácil a sua recuperação como enxofre elementar, utilizando-se processos clássicos, como sejam a absorção daquele composto em soluções de dietanolamina (DEA) e, posteriormente, o seu processamento em unidades Claus para obtenção de enxofre.

É interessante mencionar, aliás, que desta forma, além de obter valioso produto, avidamente buscado no mercado de matérias-primas, consegue-se

transformar um gás ácido, corrosivo, em produto "limpo", cujas formas de utilização mencionaremos mais adiante.

Caso, em lugar de destiná-lo à indústria química, por preferível usar o gás dessulfurado como combustível, ter-se-á eliminado um possível foco de poluição atmosférica, pois o gás queimado já não conterà óxidos de enxofre, que são poluentes.

A composição do gás de retortagem dessulfurado (veja item 4.1), permite que sejam encarados vários esquemas, convencionais todos eles, para sua utilização como matéria-prima em indústrias químicas, a saber:

- a) fabricação de amônia, uréia, ácido nítrico e nitrato de amônio;
- b) fabricação de metanol, formol e resinas correlatas;
- c) fabricação de eteno e seus derivados — plásticos, etanol, óxidos de eteno, glicóis, produtos cloratos (monômeros e polímeros);
- d) utilização como agente de hidrogenação em processos químicos, ou como redutor em processos metalúrgicos.

Na Universidade Federal do Rio de Janeiro está em curso um projeto especial de pesquisas, o Projeto Xistoquímica, que busca esquemas de processamento e de separação, capazes de produzir aromáticos, fenóis, olefinas superiores, os quais, por sua vez, serão matéria-prima para indústrias químicas.

Os estudos abrangem, ainda, questões relacionadas com possíveis aproveitamentos industriais do xisto retortado.

3.6 *Regime legal*

A industrialização do xisto não está compreendida no monopólio estatal, atribuído à União Federal pela Lei nº 2.004, de 3 de outubro de 1953. O regime monopólico se aplica, apenas, ao refino do óleo de xisto, que é privativo da Petrobrás.

Houve, a princípio, uma certa indefinição a este respeito. No governo do Presidente Juscelino, um parecer do consultor-geral da República estabeleceu que o processamento do xisto se enquadrava no monopólio. Alguns anos depois, na gestão do Presidente Castello Branco, foi o assunto mais uma vez examinado: um novo parecer do consultor-geral da República dirimiu as dúvidas e orientou a expedição de decreto fixando o regime, que vigora até hoje, no sentido de que a lavra e o processamento do xisto não se enquadram no monopólio estabelecido pela Lei nº 2.004/53, que abrange somente o refino do óleo produzido.

4. **Perspectivas da industrialização do xisto no Brasil**

4.1 *A futura usina industrial de São Mateus do Sul*

Abordaremos apenas as perspectivas referentes aos xistos da Formação Irati, submetidos à pirólise pelo processo Petrosix.

Os estudos feitos pela Petrobrás têm sido divulgados não só pela publicação do livro *Xisto, energia em potencial*, em 1964, como, mais recentemente, por meio de conferências pronunciadas por técnicos autorizados: Gerson Fernandes, na Escola de Minas de Ouro Preto, e Flávio Chaves, na Escola Superior de Guerra, por exemplo.

O propósito da industrialização do xisto, em todos os estudos, foi a obtenção de óleo, semelhante ao petróleo, com o qual se faria a substituição de importações.

Já nos referimos (item 3.3) ao estudo técnico-econômico, feito pelos assessores Cameron & Jones, à base da produção de 10 mil barris de óleo por dia.

Levando em conta o melhor conhecimento geológico da jazida de São Mateus do Sul e os dados resultantes da operação da usina-protótipo, a Petrobrás ampliou a escala da futura instalação industrial, passando a considerar o processamento de cerca de 112 mil toneladas de xisto por dia de operação.

A carga será o resultado da mistura e homogeneização de xisto das duas camadas existentes em São Mateus. No processamento serão produzidos diariamente:

- a) 1 milhão e 800 mil metros cúbicos de gás combustível (64% de hidrogênio, 23% de metano);
- b) 480 toneladas de gás liquefeito de petróleo (GLP);
- c) 890 toneladas de enxofre elementar;
- d) 59 mil barris de óleo.

Para atingir esta produção, porém, a usina industrial terá que consumir todo o gás combustível produzido na pirólise, além de cerca de 7.800 barris de óleo, reduzindo-se a 51 mil barris diários de óleo a produção efetiva; caso seja dada ao gás uma outra utilização, que não a de combustível próprio da usina, as necessidades térmicas terão que ser atendidas apenas pela queima de óleo, neste caso num volume de quase 14 mil barris.

Desta forma, a produção diária vendável da usina industrial, além das 890 toneladas de enxofre e 480 toneladas de gás liquefeito, irá variar entre limites que vão de 1,8 milhão de metros cúbicos de gás combustível mais 45 mil barris de óleo até 51 mil barris de óleo, sem nenhuma quantidade disponível de gás combustível, pois este será — nesta hipótese — totalmente consumido pela própria usina.

4.2 Outras usinas industriais

O dimensionamento da usina industrial de São Mateus do Sul está baseado na quantidade de xisto que poderá ser consumido diariamente, para que a exaustão da jazida venha a ocorrer em 30 anos.

Note-se que todo o estudo foi feito apenas sob o critério de *viabilidade técnica*, sem discutir o aspecto *custo de produção do óleo*. Tratando-se de substituição de importações, pode-se dizer que a paridade será conseguida se o custo do óleo, *ex-usina*, for equivalente ao preço CIF do petróleo

entregue às refinarias nacionais. Esta abordagem, porém, é uma simplificação do problema, pois não se estaria levando em conta qual a distribuição dos custos entre divisas e moeda nacional, que eventualmente poderia determinar o interesse — ou não — na montagem de tal indústria, mesmo que o custo total expresso em dólares viesse a ultrapassar aquele preço.

Permitimo-nos, aliás, citar um trecho da excelente conferência pronunciada em 1975, na Escola Superior de Guerra, em ciclo de palestras sobre energia, pelo engenheiro Flávio de Magalhães, então superintendente-geral-adjunto do Departamento Industrial da Petrobrás:

“... seria inconcebível que continuássemos a despender bilhões de dólares anuais em importação de petróleo, sem fazer que esse nosso substancial potencial energético contribua para a redução desta evasão.

Julgo que nosso problema premente é o da substituição de importação, mais do que o da rentabilidade do empreendimento”.

Estudos preliminares, à medida que seus resultados têm sido levados ao conhecimento do público, permitem antever — apenas pelos critérios da exaustão de jazidas em 30 anos — a instalação de usinas de processamento de xisto com capacidade de produção de óleo de 25 mil a 45 mil barris diários, respectivamente, nas vizinhanças das cidades gaúchas de São Gabriel e Dom Pedrito. Trata-se ainda, como dissemos, de estimativas preliminares, sem o grau de confiabilidade que marca os estudos referentes à usina industrial prevista para a área de São Mateus do Sul, no Paraná.

4.3 *Problemas e soluções*

O óleo de xisto, tal como produzido, não pode ser processado nas refinarias atualmente existentes, nem, tampouco, daria derivados que pudessem atender às especificações dos produtos oriundos do petróleo. Estudos e experiências realizados no Centro de Pesquisas da Petrobrás vieram mostrar porém, que a hidrogenação do óleo de xisto lhe dará condições de ser processado em refinaria, isolado ou em mistura com petróleos de poço, sem problemas técnicos de qualquer espécie.

A previsão é de se fazer em São Mateus do Sul um fracionamento do óleo produzido pela usina industrial, inclusive com destilação a vácuo. O resíduo pesado desta operação será consumido na própria usina, como óleo combustível; as frações mais leves serão, então, transportadas por oleoduto para a Refinaria de Araucária onde, após hidrogenação, constituir-se-ão em verdadeiro petróleo sintético que poderá ser submetido, isoladamente ou em mistura com petróleo de poço, às operações de refino correspondentes às instalações ali existentes sem qualquer problema.

Um detalhe importante, na usina industrial, será o aproveitamento dos finos da britagem do xisto que vêm da mina. Sendo o total de finos da ordem de 10% da massa submetida à britagem, haverá uma produção

diária de cerca de 11 mil toneladas de finos (material com granulometria inferior a 1/4 de polegada). A solução encontrada, com vistas ao aproveitamento dos finos, foi a de briquetá-los e incorporar os briquetes à carga da retorta.

Prosseguem os estudos, também, visando aproveitar o poder calorífico do xisto retortado que, contendo ainda quase 7% de carbono e perto de 1% de hidrogênio, apresenta-se com poder calorífico superior da ordem de 600kcal/kg. Caso isto seja viável (mesmo que com o reforço da queima de uma parte dos finos da britagem), será possível recuperar mais óleo para refino, pois uma parte das exigências térmicas da usina passará a ser atendida pela queima do carvão remanescente no xisto retortado. Outra vantagem, no caso de ser viável a queima do resíduo de pirólise, será a quantidade adicional de enxofre que poderá ser recuperado, pois fica no xisto retortado perto de 80% do enxofre originalmente contido no xisto cru.

Um grande problema que desafia os que estudam a industrialização em larga escala do xisto da Formação Irati é a movimentação de sólidos.

Costuma-se dizer, com efeito, que, sendo necessário levar à retorta cerca de duas toneladas de xisto para cada barril de óleo a ser produzido, teremos enormes massas de sólidos a movimentar. Na realidade, o problema será bem mais complicado, pois, para lançar na retorta aquelas duas toneladas de xisto britado, será preciso remover o capeamento da jazida, e, também, o calcário intermediário (este com espessura média de 9 metros).

Assim, às duas toneladas mencionadas acima, devem ser acrescidas as toneladas correspondentes ao capeamento (terra vegetal e camadas de cobertura), ao estéril intermediário e, não esqueçamos, ao próprio resíduo sólido da pirólise (xisto retortado), que representa aproximadamente 85% do peso da carga. Para cada barril de óleo a produzir, terão que ser movimentadas, portanto, umas cinco toneladas de sólidos. As várias massas terão, evidentemente, *momentos de transporte* bem diversos, pois, enquanto o xisto cru e o retortado exigirão transporte mais longo, da mina à usina e desta ao local de despejo dos resíduos, os inertes (capeamento e intermediário) serão certamente lançados em pilhas de bota-fora nas vizinhanças da área de mineração.

O problema existe, sem dúvida, mas os recursos técnicos também já são conhecidos para lhe dar solução, tratando-se, no caso, de adotar equipamentos que realizem, com a melhor eficácia, a retirada do material que constitui a jazida e a movimentação que sumariamente descrevemos. Estamos em face de problema técnico, grande mas não insolúvel, a ser tratado nos projetos de mineração (planos de mina e de mineração) e de sistemas de transporte de sólidos (meios contínuos e descontínuos).

É lógico que não se deverá pensar em solução do problema energético brasileiro apenas à base da produção de óleo de xisto. Com efeito, admitida a construção de usinas em São Mateus do Sul (50 mil barris), São Gabriel (25.000) e Dom Pedrito (45.000), teríamos a produção total de 120 mil barris de óleo por dia, nitidamente inferior às necessidades brasileiras de derivados de petróleo. Trata-se, porém, de uma riqueza em potencial que

nós, brasileiros, não temos o direito de deixar inativa, embora apenas venha a contribuir modestamente para reduzir a importação de petróleo.

4.4 *Quando estará operando a primeira usina industrial?*

Qual o prazo, indaga-se ansiosamente, para que possamos ver instalada e operando a primeira usina industrial em nosso país?

Não é fácil responder a esta pergunta.

Baseando-nos em parâmetro disponível, que é a comparação com a construção de uma refinaria de petróleo, podemos fazer grosseira estimativa.

É sabido que, entre a data em que a direção da Petrobrás decide construir uma refinaria e a entrada em operação do novo empreendimento, o prazo tem sido da ordem de quatro anos a quatro anos e meio. Leve-se em conta que o projeto de uma refinaria é facilitado pela circunstância de serem numerosas tais instalações em todo o mundo, inclusive no Brasil. Por outro lado, os equipamentos a serem utilizados — bombas, compressores, trocadores de calor, fornos etc. — são bem conhecidos e os vários fornecedores, nacionais ou estrangeiros, já têm tradição e experiência no seu projeto e fabricação. Apesar disto, aquele prazo vem sendo da ordem de quatro anos pelo menos.

Já no caso da primeira usina industrial de processamento de xisto, entretanto, alguns dos equipamentos serão verdadeiros protótipos — como, por exemplo, os mecanismos de carga e descarga da retorta — uma vez que as dimensões desta já não serão as da retorta ora em operação na Usina de São Mateus do Sul (cogita-se de vasos de pirólise com 11 metros de diâmetro, o dobro dos instalados na UPI). Muitos outros equipamentos, em face da escala da produção, terão que ser totalmente projetados, antes de se dar início a sua fabricação. Outros equipamentos, ainda, embora um projeto já pronto, terão que ser incluídos por seus produtores em programação de fabricação, já que não se trata de material corrente, facilmente encontrado no mercado.

O projeto da primeira usina industrial, a fabricação dos equipamentos, a sua instalação e teste não podem ser comparados a empreendimentos convencionais, exigindo, por isto, tempo muito superior ao do projeto e construção de uma refinaria de petróleo ou uma usina petroquímica.

Externando impressão pessoal, temos seguidamente afirmado, com base apenas na comparação que acabamos de relatar que, para a primeira usina industrial de processamento de xisto, a contar da decisão de fazer construí-la até seu início de operação regular, o prazo total não será menor que oito anos, parecendo admissível, mesmo, que chegue a dez anos.

É, repetimos, estimativa grosseira, baseada em comparações de pouca precisão, à luz de considerações eminentemente subjetivas.

Em maio de 1977, vários jornais publicaram declarações do Ministro das Minas e Energia revelando que, já em 1983 — ou seja, no prazo de seis anos — estará em operação a primeira usina industrial de processamento de xisto, a ser construída nas vizinhanças de São Mateus do Sul onde, como

já dissemos, existe uma jazida minuciosamente estudada, perfeitamente medida e cubada, com potencial de produção equivalente a cerca de 650 milhões de barris de óleo.

Aquela informação, levada ao povo brasileiro pela palavra autorizada do Ministro Shigeaki Ueki, é duplamente auspiciosa pois, além de anunciar que foi tomada a decisão de tornar realidade o início do aproveitamento efetivo de tão valioso recurso mineral, revela-nos, também, que, no prazo bastante curto de apenas seis anos, estarão concretizados os sonhos de tantos pioneiros e coroados de êxito os esforços e a dedicação daqueles que, nos dias de hoje, têm o privilégio de se dedicar, integralmente e sem alardes, ao estudo dos problemas referentes à industrialização do xisto betuminoso.

E mais ainda: se a primeira usina industrial, apesar de tantas e tão grandes dificuldades, já deve estar operando dentro de cinco anos, parece razoável admitir, sem excesso de otimismo, que, para futuros empreendimentos de mesma natureza, o tempo decorrido entre a decisão de construir e o início da operação regular da usina há de se reduzir às proporções dos prazos que se observam atualmente no caso de refinarias de petróleo ou instalações congêneres.

5. Considerações finais

Embora ocorram em várias partes do mundo, os xistos betuminosos não têm sido generalizadamente utilizados como fonte de energia. A crise do petróleo, porém, vem representar um fato novo, encorajando a retomada das pesquisas em busca de sua industrialização.

No que diz respeito ao Brasil, parece já estar bem próxima a época em que o xisto da Formação Irati passará a contribuir para o balanço energético nacional. O mesmo não se poderá afirmar de outros xistos brasileiros, como se viu no presente artigo, seja pelo pouco conhecimento das ocorrências já identificadas — quanto à cubagem e características das jazidas ou quanto à representatividade, como amostra, de espécimes coletados e examinados — seja por não ter sido ainda perfeitamente definido o processo adequado de beneficiamento e pirólise, capaz de conduzir à viabilidade de empreendimentos de porte industrial. No primeiro caso, encontra-se a quase-totalidade dos xistos cujas ocorrências constam da figura 5 e, no último, o xisto do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, para o qual ainda não foi possível chegar a conclusões firmes sobre a economicidade de qualquer dos esquemas estudados.

O processamento de nossos folhelhos para fins não-energéticos, isto é, com o propósito exclusivo de se chegar ao estabelecimento de uma *indústria xistoquímica*, também ainda se encontra em fase especulativa, já que o acervo de dados e conhecimentos não é suficiente para justificar ensaios e trabalhos característicos da etapa pré-industrial, elo indispensável para

passar dos estudos de laboratório e da bancada às instalações de plena exploração industrial.

No presente trabalho, abstivemo-nos de apresentar estimativas de provável custo do óleo que será produzido na futura usina industrial de São Mateus do Sul e, muito menos ainda, em qualquer outra que possa ser construída. A divulgação, pela Petrobrás, dos resultados de seus trabalhos não inclui este tipo de informação. O simples fato, porém, de haver nossa grande empresa petroleira recebido, em maio de 1977, autorização do ilustre Ministro das Minas e Energia para construir aquela usina, que já deverá estar operando no ano de 1983, parece-nos indicação bastante de que haverá competitividade entre o preço do petróleo importado e o provável preço *ex-usina* do óleo resultante do processamento do xisto betuminoso.

Importante, porém, será a demonstração que então teremos do valor de nossos técnicos que, tendo desenvolvido o processo Petrosix, orientaram e realizaram, num belíssimo esforço de equipe, toda uma seqüência de trabalhos — que passaram pelos estágios de bancada, usina piloto e usina-protótipo — de corridas experimentais, estudos e interpretação de resultados, chegando hoje aos umbrais da materialização de um velho sonho de tantos brasileiros, permitindo-nos afirmar que a industrialização do xisto, de que possuímos vastas e importantes jazidas, será, em futuro muito próximo, uma pujante realidade.

Bibliografia

1. Righesso, Erno J. et alii. *Xisto, energia em potencial*. Assessoria Geral de Relações Públicas da Petrobrás, 1964.
2. Fernandes, Gerson. *As perspectivas energéticas brasileiras do petróleo e do xisto*. 1975. Trabalho apresentado em Conferência pronunciada na Escola de Minas de Ouro Preto.
3. Chaves, Flávio M. *O xisto betuminoso*, 1975. Trabalho apresentado em conferência pronunciada na Escola Superior de Guerra.
4. Costa Neto, Cláudio. *Xisto*. In: *Problemas de energia no Brasil*. Brasília, IPEAC, 1976.

Summary

In this article the author, after describing the several ways to process different kinds of shale, describes the distribution of shale in Brazil, bringing out the potentials of the Vale do Paraíba and the Irati Formation. He shows that the enterprises which sought the industrial use of bituminous shale of these areas, since 1881, have not been successful because of technological, financial and managerial reasons.

Later, he comments on the governmental initiatives of industrialization of the shale, through the National Council of Petroleum and Petrobrás, and analyzes the industrial utilization of bituminous shale within the pers-

pective of obtaining raw materials for the chemical industry, object of a special research project developed by the Federal University of Rio de Janeiro.

The author also examines the problems of the industrialization of shale in Brazil in order to obtain an oil similar to petroleum, focusing on the solutions suggested.

Although considering that the utilization of shale for the establishment of a shale chemical industry is still in a phase of speculation, to the author it seems near at hand the time when the shale from the Irati Formation will begin to contribute to the national energetic balance.

UM DA VINCI NA SUA SALA



Leonardo Da Vinci (40 x 50 cm)

Ou Pancetti, Djanira, Gauguin, Renoir, enfim, todos os grandes mestres da pintura universal estão agora à sua disposição nos endereços da Fundação Getúlio Vargas. A preços inacreditáveis. Reproduções sobre tela, importadas da Itália, com a mesma textura dos originais e total fidelidade à arte que os tornou famosos.

RIO - S. PAULO - BRASÍLIA

ESTE V. NÃO PODE PERDER:

IDEOLOGIA AUTORITÁRIA

NO BRASIL 1930/1945

de *Jarbas Medeiros*



PREFÁCIO DE
RAYMUNDO
FAORO

A Editora FGV acaba de lançar mais um grande livro para a área do pensamento e da ação política. Agora, oportunamente reunidos, cinco dos mais importantes teóricos do poder autoritário em nosso país: Francisco Campos, Azevedo Amaral, Oliveira Vianna, Alceu Amoroso Lima e Plínio Salgado. Um livro revelador: livre cambismo **versus** protecionismo; destino agrário e futuro industrial do país; nacionalismo; Estado forte; autoritarismo e liberalismo: superioridade e inferioridade racial. E muito mais. Adquira já o seu exemplar.

628 páginas Cr\$ 300,00

EM TODAS AS LIVRARIAS

Pedidos pelo envio antecipado de cheque nominal pagável no Rio de Janeiro / Vale Postal / reembolso postal à **EDITORA DA FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS** Praia de Botafogo, 188 – CP 9.052 – 20.000 – Rio de Janeiro – RJ

LIVRARIAS DA FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS

Rio: Praia de Botafogo, 188 – Tels. 286-3344 / 266-1512 r. 353
Av. Graça Aranha, 26 – lojas C e H – Tel. 222-4142
S. Paulo: Av. Nove de Julho, 2.029 – Tel. 288-3893
Brasília: CLS, 104 – Bloco A – loja 37 – Tel. 243-008