

Transportes de granéis líquidos: movimentação de petróleo e seus derivados por condutos

CARLOS ARTHUR DA SILVA MOURA*
ADAÍLO SANT'ANNA**

1. *Generalidades*; 2. *Fatores de seleção*; 3. *Transporte por condutos*; 4. *Sistemática para seleção de sistemas de transporte*; 5. *Síntese e conclusão*.

Apresentação

Não é possível atribuir a um único fator o considerável desenvolvimento alcançado pela Humanidade no decorrer dos séculos; no entanto, entre os que mais têm concorrido para os progressos tecnológicos e econômicos, podemos registrar a adequada disponibilidade de energia.

* Almirante engenheiro-naval da Reserva Remunerada. Cursos do Instituto Militar de Engenharia, Escola de Guerra Naval e Escola Superior de Guerra. Ex-chefe da Divisão de Assuntos Econômicos do Departamento de Estudos da ESG. Ex-conselheiro do Conselho Nacional de Petróleo. Ex-subdiretor de engenharia civil da Diretoria de Engenharia do Ministério da Marinha. Atualmente é o chefe da Divisão de Planejamento do Departamento de Transportes da Petrobrás.

** Engenheiro civil pela Universidade do Rio Grande do Sul. Curso de Engenharia de Petróleo, Petrobrás. Ex-técnico da Divisão de Oleodutos da Região de Produção da Bahia e da Assistência de Oleodutos. Atualmente é o chefe do Setor de Terminais de Oleodutos da Divisão de Planejamento de Transportes da Petrobrás.

Pela sua multiplicidade de uso, o petróleo constitui fonte de energia amplamente utilizada, aumentando continuamente seu consumo mundial; a esse aspecto, nos anos mais recentes, o extraordinário desenvolvimento da indústria petroquímica acrescentou maiores possibilidades de emprego do petróleo alcançando estes horizontes ainda não delimitados.

Muitos fatores concorrem para isso, merecendo destaque as oportunidades decorrentes das condições de sua movimentação, marítima e terrestre. A primeira, apoiada no aperfeiçoamento da indústria de construção naval e das técnicas de engenharia portuária, proporciona economias de escala altamente favoráveis, especialmente no caso do transporte de quantidades gigantescas, a grandes distâncias. A segunda, em face de progressos em termos de materiais e técnicas de lançamento de linhas, controle e medição das transferências, proporciona a integração dos campos de produção, ou portos de recebimento de petróleo, com as refinarias, e entre estas e os mercados consumidores.

A movimentação de grânéis líquidos, em face de suas múltiplas alternativas quanto aos meios de execução, exige um planejamento bem elaborado, sob os aspectos técnicos e econômicos, tendo em vista os vários fatores a serem considerados na escolha das modalidades de transporte que irão integrar os diferentes sistemas, e de suas características específicas, em parte constituídos por "estradas invisíveis", isto é, condutos subterrâneos ou submersos.

É propósito deste artigo divulgar, sumariamente, os aspectos mais gerais dos estudos relacionados com a transferência de grânéis líquidos, constituindo uma informação preliminar que poderá ser complementada em trabalhos sucessivos, de acordo com o interesse que sua apresentação despertar naqueles técnicos responsáveis pelo planejamento de sistemas de transportes.

O modo pelo qual se vem ampliando o consumo de petróleo e seus derivados no Brasil e a importância de sua movimentação para o desenvolvimento nacional, necessariamente dinamizarão o emprego de condutos, exigindo um planejamento global e sua adequada integração com outras modalidades de transporte, considerada a restrição de recursos e de tempo para implantação de infra-estruturas que caracteriza o atual estágio da economia nacional.

Para a elaboração do presente trabalho foram utilizados aqueles apresentados à Comissão Técnica de Transporte sobre Águas e Terrestre da X Reunião de Técnicos da Assistência Recíproca Petroleira Estatal Latino-Americana (ARPEL), realizada no Rio de Janeiro entre 3 e 7 de maio de 1971, sob os títulos Seleção de sistemas de transporte e Dimensionamento dos meios de transporte, atualizados e complementados para integração na estrutura do tema ora considerado.¹

¹ Os documentos mencionados foram redigidos por uma equipe da Divisão de Planejamento do Departamento de Transporte da Petrobrás, da qual participaram, além dos autores, Geraldo Cortegiano, Oswaldo de Macedo Côrtes, Ruwin Zen Lejbus Abramowicz e Tasso Fabiano de Faria.

1. Generalidades

1.1 *A legislação brasileira sobre o abastecimento nacional de petróleo e derivados*

Ao dispor sobre a política nacional do petróleo, definiu a Lei n.º 2 004, de 3 de outubro de 1953, constituir monopólio da União, a ser exercido pela Petróleo Brasileiro S. A. — Petrobrás, sob a orientação e fiscalização do Conselho Nacional do Petróleo, o transporte marítimo de petróleo bruto de origem nacional ou de derivados de petróleo produzidos no País, e bem assim o transporte, por meio de condutos, de petróleo bruto e seus derivados, como também de gases raros de qualquer origem. Em seu art. 43, a citada lei manteve a concessão dos oleodutos em funcionamento no País.

Conseqüentemente, em decorrência do Título de Autorização n.º 850, de 27 de agosto de 1948, do Conselho Nacional do Petróleo, a Estrada de Ferro Santos—Jundiaí explora o serviço público de transporte de petróleo e seus derivados, bem como o de outros combustíveis líquidos ou gasosos, através de uma rede de oleodutos entre as cidades de Santos e São Paulo, compreendendo:

- a) linha tronco, ligando os extremos da rede;
- b) ramais especiais, para o transporte de produtos entre linha tronco e os depósitos das empresas distribuidoras de petróleo e situados numa faixa de 10 km de cada lado da linha tronco, ou de seus prolongamentos autorizados pelo Conselho Nacional do Petróleo;
- c) ramais particulares, para o transporte de produtos entre a linha tronco ou ramais especiais e qualquer outro ponto.

A referida autorização foi conferida a título exclusivo, porém, não impede a construção de outros oleodutos, ao longo da rede, ou que atravessem, desde que não sirvam à zona considerada como *hinterland* do porto de Santos (Decreto n.º 24 511, de 29.6.34, art. 2.º, parágrafo único, revogado pelo Decreto-lei n. 83, de 26.12.66, art. 1.º).

Em 22 de setembro de 1970, pela Resolução n.º 9/70, o Conselho Nacional do Petróleo, “considerando que a dinâmica e o desenvolvimento do mercado interno, seja na indústria do refino e suas operações de escoamento, seja na distribuição e comercialização, impõem que, gradativamente, na medida das suas necessidades, o transporte de petróleo e derivados, para os fins especificados, seja efetuado através de condutos, já que desse modo se aprimora o abastecimento nacional, promovendo-se de maneira mais econômica e conveniente aos interesses da maior segurança dessas operações e dos consumidores, pela menor influência nos preços finais”; e também “considerando que idêntica imposição ocorre relativamente à indústria petroquímica”, estabeleceu que “será autorizada a particulares a faculdade de construir condutos para transporte de petró-

leo e derivados, líquidos ou gasosos, quando, para atendimento de necessidade operacional de estabelecimentos industriais próprios, não for do interesse ou conveniência da Petrobrás a construção e operação dessas instalações”.

Também “considerando que o transporte por condutos de petróleo bruto e seus derivados, líquidos ou gasosos, é monopólio da União, nos termos da Lei n.º 2 004, de 3 de outubro de 1953, cuja execução, pela mesma lei, foi confiada à Petróleo Brasileiro S. A. — Petrobrás”, determinou o Conselho Nacional do Petróleo que “as instalações e equipamentos componentes de oleoduto serão sempre de propriedade exclusiva da Petrobrás”.

Conseqüentemente, em face da legislação em vigor que define a política nacional do petróleo, o planejamento, a construção e a operação de condutos para atender ao abastecimento nacional de petróleo e seus derivados, em suas múltiplas finalidades, competem exclusivamente à Petrobrás, e isso de forma a permitir integrar de maneira adequada, operacional e economicamente, bem como em termos de segurança nacional, os diferentes elos que constituem a estrutura do referido abastecimento.

1.2 *Características gerais da estrutura do abastecimento de petróleo e derivados*

A estrutura do abastecimento de petróleo e derivados caracteriza-se pelos seguintes aspectos principais:

a) interligação, através das várias modalidades de transporte, de três pontos bem distintos: fontes de produção, refinarias e centros de consumo.

Desses três pontos apenas as refinarias poderão ter influenciada sua posição, dando oportunidade, no planejamento do abastecimento de petróleo e derivados, ao estudo de uma série de alternativas de localização baseadas, principalmente, nos custos do transporte da matéria-prima às refinarias e do escoamento dos produtos para os centros consumidores.

b) Utilização de meios de transportes especiais

Pela natureza dos produtos transportados, líquidos e inflamáveis, a transferência de petróleo e derivados utiliza meios especiais que, com pequenas exceções previamente caracterizadas, não permite a sua utilização para outros produtos.

c) Serviço de utilidade pública

O abastecimento de petróleo e derivados caracteriza-se especialmente pela sua natureza de serviço de utilidade pública, em vista de imposições quanto à sua continuidade e obrigatoriedade, devendo ser feito mesmo quando critérios de natureza exclusivamente econômica não o recomendarem.

d) Âmbito de ação

A atual estrutura do abastecimento de petróleo, sob o seu aspecto global, é de âmbito internacional, uma vez que raros países são auto-suficientes;

as fontes de produção normalmente estão afastadas dos maiores centros de consumo. Quanto ao abastecimento de derivados, pode ser de âmbito internacional, nacional ou mesmo regional.

1.3 Modalidades de transporte

As principais modalidades de transferências de petróleo e derivados são:

a) transporte marítimo

Podendo ser dividido em:

- a.1 cabotagem
- a.2 longo curso

b) transportes fluvial e lacustre

De uma maneira geral podem ser classificados, de acordo com as embarcações a serem utilizadas, em:

- b.1 automotor
- b.2 tracionado
- b.3 empurrado

Estes dois últimos referem-se, logicamente, à utilização de barcaças, tracionadas ou empurradas por rebocadores.

c) transporte terrestre

Podendo ser:

- c.1 ferroviário
- c.2 rodoviário
- c.3 por condutos (dutoviário)

Cada uma destas modalidades tem suas características técnico-econômicas peculiares mas, de uma maneira geral, quanto aos volumes transportados, às distâncias e à continuidade, podemos reunir os diversos meios em três grupos:

Primeiro grupo

- 1. Transporte marítimo em grandes petroleiros
- 2. Transporte por condutos de grande diâmetro

Caracteriza-se pelo transporte de grandes volumes, a grandes distâncias e em caráter contínuo.

Segundo grupo

- 1. Transporte em petroleiros de médio porte
- 2. Transporte ferroviário

3. Transporte em condutos de médio diâmetro

Caracteriza-se pelo transporte de volumes médios, a distâncias médias e durante um período prolongado, ou mesmo em caráter contínuo.

Terceiro grupo

1. Transporte em barcaças
2. Transporte ferroviário
3. Transporte rodoviário

Caracteriza-se pelo transporte de pequenos volumes, tanto em caráter contínuo como esporádico.

Quanto ao custo, foram citados por Wilfred Owen² os seguintes valores, em unidades de custo:

- a) transporte por condutos 1,0
- b) transporte por navios 0,5 a 0,8
- c) transporte por barcaças 1,0 a 3,0
- d) transporte por ferrovias 4,0 a 8,0
- e) transporte por rodovias 6,0 a 8,0

R. Cabet³ dá os seguintes preços indicativos para os diferentes meios de transporte utilizados na França em 1965, já convertidos em centavos de cruzeiro:⁴

- a) petroleiros — 0,35 centavos/t/km
- b) barcaças de 3 000 a 4 000 t — 2,1 centavos/t/km
- c) barcaças de 700 t — 2,8 a 3,5 centavos/t/km
- d) trens completos de 2 000 a 2 500 t — 3,5 centavos/t/km
- e) transporte ferroviário em partidas de 250 a 500 t — 7 a 11 centavos/t/km
- f) transporte rodoviário em partidas de 20 000 a 30 000 l e distância em torno de 150 km — 12 a 21 centavos/t/km
- g) por condutos:

diâmetro de 30 a 36" e movimentação de 20 a 30 milhões de t/ano — 0,7 centavos/t/km

diâmetro de 18 a 20" e movimentação de cerca de 10 milhões de t/ano — 1,4 centavos/t/km

diâmetro de 10 a 12" e movimentação de 1 a 2 milhões de t/ano — 2,8 a 4,2 centavos/t/km.

² Owen, Wilfred. *Strategy for mobility*. Washington, The Brookings Institution, Transport Research Program, 1964, p. 107.

³ Cabet, R. *L'Economie du transport par conduite*, Paris, Societé des Editions Techniques, 1966. p. 98-9.

⁴ A taxa utilizada para conversão de francos franceses em cruzeiros foi de 1F = Cr\$ 1,398.

1.3.1 Características do transporte marítimo

Consideradas suas peculiaridades, é conveniente distinguir a sistemática do dimensionamento do transporte de petróleo daquela para o abastecimento de derivados.

No caso do transporte de petróleo, é necessário considerar a possibilidade de suas transferências serem conjugadas com as de minérios e de outros granéis sólidos.

Também é necessário considerar duas alternativas: o transporte será efetuado exclusivamente por navios de uma determinada grandeza de porte, ou haverá possibilidade das transferências serem realizadas inicialmente por navios de maior porte e o petróleo, depois de descarregado em terminais adequadamente localizados, ser levado aos seus destinos finais por navios de menor capacidade (operações de transbordo).

Um aspecto importante a analisar é a continuidade de operação de navios petroleiros exclusivamente numa determinada rota, ou a necessidade de considerar a possibilidade de operação em diversas rotas, com diferentes peculiaridades, circunstância que, sob o ponto de vista de otimização do emprego de navios, exige uma solução de compromisso entre as características que influenciam seu comportamento em termos operacionais e econômicos, correspondentes a cada uma das rotas de operação previsíveis. A utilização de modelos matemáticos para decisão torna-se imprescindível para obtenção dos elementos de comparação indispensáveis.

Outro aspecto a considerar é o caráter internacional das transferências marítimas de petróleo, com ampla capacidade de transporte, em tempos normais, geralmente disponível para afretamentos.

No entanto, dependendo de circunstâncias eminentemente conjunturais das mais variadas naturezas, poderão ocorrer maiores ou menores dificuldades na obtenção de capacidade de transporte afretada. Tendo em vista aspectos associados à continuidade do abastecimento, os fatores de segurança devem prevalecer em relação aos econômicos, influenciando decisivamente a fixação de diretrizes para o dimensionamento da parcela que será constituída por capacidade de transporte própria.

No caso do transporte de derivados, a complexidade da sistemática de dimensionamento da capacidade de transporte cresce extraordinariamente, tornando-a eminentemente casuística.

Contribui para isso, como fator fundamental, a orientação vigente no sentido de localizar as refinarias próximas dos grandes centros consumidores; à proporção que, numa determinada região cresce a demanda de derivados, a capacidade de transporte para derivados também deverá aumentar. A expansão do consumo poderá justificar a construção de uma refinaria naquela região, acarretando a necessidade de utilizar capacidade de transporte para o petróleo e de reduzir substancialmente, ou mesmo eliminar, o transporte de derivados, deixando ociosa, em maior ou menor

escala, a capacidade de transporte especializado até então utilizada naquela frente de abastecimento.

No caso brasileiro, as características dos mercados consumidores de derivados localizados no litoral impõem restrições bastante complexas para o dimensionamento da capacidade de transporte marítimo, especialmente para aqueles horizontes que correspondem à vida útil dos navios petroleiros.

A ampliação da capacidade de refino, a longo prazo, constitui elemento de planejamento extraordinariamente valioso para o dimensionamento dos meios de transporte marítimo.

1.3.2 Características do transporte por condutos

O transporte por condutos caracteriza-se pela sua reduzida flexibilidade de operação, ao contrário do que ocorre com os transportes marítimo, ferroviário e rodoviário. Os pontos de origem e destino são invariáveis e os meios físicos, em sua quase totalidade, não podem ser transferidos para outras frentes de transporte, o que não ocorre com as outras modalidades.

Acresce que o dimensionamento inicial, sob determinados aspectos, estabelece as características finais de operação do conduto. Certas classes de investimentos não podem ser efetuadas progressivamente, o que poderá implicar elevada capacidade ociosa nos estágios iniciais de operação.

O desenvolvimento da produção do petróleo na plataforma submarina exigirá que seja convenientemente considerada a problemática de seu escoamento, impondo-se um confronto entre o transporte marítimo e o transporte por oleodutos.

A determinação do custo total do transporte do barril de petróleo, em relação a cada uma das opções mencionadas, tornará indispensável o estudo de várias alternativas nas quais a utilização de oleodutos desempenhará, possivelmente, papel dos mais relevantes.

O dimensionamento de cada uma das linhas de uma rede nacional de condutos deve ser fundamentado em horizontes bastante amplos, especialmente em termos de confronto de alternativas considerando o consumo local a ser atendido, em determinado período, por transferências de outras áreas, e o abastecimento futuro por refinarias operando na própria área à qual irá ter o conduto.

As características de operação, em diferentes níveis de capacidade, devem ser avaliadas em termos de desconto de fluxo de caixa das múltiplas circunstâncias, intervenientes ao longo da vida útil provável de cada conduto.

Da mesma forma que ocorre com o transporte marítimo já mencionado, faz-se necessária a disponibilidade de modelos matemáticos para decisão e de informações relativas às tendências de evolução dos mercados consumidores, a fim de que seja possível dimensionar, de forma adequada, em termos operacionais e econômicos, as diferentes linhas que constituirão a rede nacional de transferências por condutos.

1.3.3 Características do transporte ferroviário

A infra-estrutura do transporte ferroviário atende à movimentação das mais diferentes cargas; não existe uma rede ferroviária destinada exclusivamente aos derivados de petróleo, rede esta que de forma alguma pode ser considerada para o abastecimento de petróleo às modernas refinarias. Sua utilização para a transferência de derivados de petróleo poderá ser mandatória, em face da receita decorrente constituir elemento decisivo para assegurar rentabilidade satisfatória a um meio de transporte indispensável ao atendimento de projetos governamentais, nos campos social e econômico.

Conseqüentemente, ao serem realizados estudos visando o dimensionamento de meios para o transporte ferroviário, quer com a utilização dos existentes, quer através de novos investimentos, é oportuno conhecer as repercussões que o aumento da capacidade ociosa de uma rede ferroviária já existente trará, em termos de custos, para outras atividades econômicas ou sociais.⁵

Em princípio, o transporte ferroviário é a modalidade ideal para o escoamento da produção das refinarias, quando se trata de atender ao abastecimento de pontos distantes, de médio ou pequeno consumo, o que é feito através de bases localizadas ao longo das linhas férreas.

1.3.4 Características do transporte rodoviário

A infra-estrutura rodoviária apresenta o mais elevado grau de flexibilidade para o transporte das mais diversificadas cargas.

Entretanto, sua utilização para o abastecimento de derivados só deverá ser preferível quando o transporte ferroviário não proporcionar condições satisfatórias, sob os pontos de vista operacional e econômico.

Tendo em vista as características da sistemática de dimensionamento dos meios de transporte rodoviário, não cabe aqui qualquer observação detalhada a respeito da sua utilização no abastecimento nacional de derivados de petróleo, embora a mesma desempenhe papel quase exclusivo no atendimento do último estágio da distribuição.

Conseqüentemente, são muito restritos os estudos que podem ser realizados em relação ao dimensionamento dos meios de transporte rodoviário, e suas características excedem os limites do presente trabalho.

1.4 *Sistemas de transporte*

Sistema de transporte é aqui entendido como a combinação de duas ou mais modalidades de transporte, de modo que concorram de maneira coordenada para o abastecimento de petróleo a uma refinaria ou para o

⁵ Com relação às restrições ao transporte ferroviário de grânéis líquidos, v. Braga, Roberto Saturnino. A utilização do transporte ferroviário no Brasil, neste número especial da *Revista de Administração Pública*, p. 233.

suprimento de derivados a um centro de consumo. Por exemplo: sistema marítimo — terrestre, sistema marítimo — por conduto — rodoviário.

Em geral, o abastecimento de petróleo ou escoamento de derivados exige a utilização de um sistema e não apenas de uma espécie de transporte.

A estrutura de um determinado sistema de transporte pode resultar de uma escolha entre várias opções, sendo decorrente da adoção de um critério decisório de natureza econômica ou financeira; pode, entretanto, resultar de imposições inerentes a condições físicas ou tecnológicas, qualquer um desses aspectos variando substancialmente ao longo do tempo, em termos absolutos ou relativos.

Por essas razões, a definição das características de um sistema de transporte para petróleo e derivados exige estudos bastante amplos e razoavelmente detalhados das tendências e perspectivas de evolução das disponibilidades de petróleo e das necessidades dos mercados consumidores de derivados, não só em seus aspectos quantitativos e/ou qualitativos, como também em sua distribuição geográfica.

Embora cada sistema de transporte possa ser analisado no desenvolvimento dos estudos, em termos casuísticos, é imprescindível que ele se integre de forma adequada aos demais sistemas, em face da interligação que necessariamente deverá ocorrer entre regiões de consumo abastecidas por diferentes refinarias, considerando que dificilmente a estrutura de processamento de cada uma dispensa a complementação do abastecimento da área onde está situada, por produtos oriundos de outras refinarias.

Os terminais, compreendendo parques de armazenamento de maiores ou menores proporções, constituem o elemento de ligação entre as modalidades de transporte de um mesmo sistema ou de sistemas diferentes. Embora suas finalidades sejam as mesmas, os terminais marítimos apresentam características diferentes dos terminais terrestres, e sua localização geralmente é determinada por restrições que limitam o número de alternativas consideradas.

A tendência atual é construir terminais marítimos especializados para a movimentação de petróleo e derivados, não só por razões de segurança, como principalmente por critérios de natureza econômica, em termos de investimentos e custos operacionais.

Em virtude dos elevados custos de armazenamento, em termos de investimentos fixos e de capital de giro, devem ser analisados cuidadosamente três pontos importantes na estruturação de um sistema de transporte:

a) reduzir ao mínimo imprescindível, devidamente justificado em termos de economias de escala, a utilização de várias modalidades de transporte entre a origem e o destino final das transferências necessárias ao abastecimento de um determinado ponto;

b) dimensionar os parques de armazenamento e os meios de transporte em termos de vida média dos investimentos, de forma a reduzir as capacidades ociosas, sem, no entanto, comprometer a segurança do abastecimento ou tornar necessárias sucessivas complementações;

c) definir, de forma adequada, as zonas de influência de cada base de provimento ou de abastecimento, de forma a minimizar o custo total das transferências, nele computadas as parcelas correspondentes aos armazenamentos intermediários.

2. Fatores de seleção

2.1 *Fatores de natureza técnico-operacional*

Entre outros, podemos citar como principais fatores de natureza técnico-operacional que influenciam na seleção de um sistema de transporte, os seguintes:

- a) volumes a transportar
- b) distância
- c) trajeto
- d) meios de transporte existentes
- e) confiabilidade das modalidades de transporte
- f) prazo adequado para início de operação
- g) estágio tecnológico
- h) recursos humanos e de manutenção
- i) flexibilidade

2.1.1 Volumes a transportar

Este fator poderá, já de início, ajudar na seleção prévia de alguns sistemas, deixando-se de lado aqueles meios de transporte que não são compatíveis com as quantidades previstas de serem movimentadas.

2.1.2 Distâncias

A distância, em conjunto com os demais, será um dos fatores que influenciarão na escolha do sistema. Este critério está intimamente ligado aos volumes a serem movimentados, pois normalmente são transportados a grandes distâncias apenas volumes consideráveis.

2.1.3 Trajeto

O trajeto diz respeito às características geográficas existentes entre os dois pontos a serem ligados pelo sistema de transporte.

De acordo com o trajeto poderá ser mandatória a utilização de uma determinada modalidade, como por exemplo, o transporte de petróleo do Oriente Médio ou da África para o Brasil.

2.1.4 Meios de transporte existentes

O estudo para a escolha de um sistema de transporte deve contemplar todas as alternativas tecnicamente possíveis e ser complementado por um cotejo econômico entre os diversos sistemas viáveis.

Em geral, mesmo os meios existentes exigem adaptações, com investimentos adicionais, a fim de se tornarem aptos ao transporte de petróleo e derivados à proporção que evoluem as fontes de produção (ou refino) e os mercados consumidores.

2.1.5 Confiabilidade da modalidade de transporte

O sistema deverá ter um mínimo de confiabilidade a fim de ser assegurada a continuidade do suprimento de petróleo e derivados.

Uma das opções de maior confiabilidade é o transporte por condutos, sendo por isso utilizado sempre que as circunstâncias o justifiquem.

2.1.6 Prazo adequado para início de operação

O sistema escolhido deve permitir que sua implantação esteja dentro do esquema de prazos para início da operação do projeto ao qual ele está integrado.

Em geral, há tempo para a execução das possíveis alternativas de transporte. Em alguns casos, entretanto, o fator prazo pode ser decisivo na escolha de um determinado sistema, mesmo que esta utilização seja temporária, até que entre em operação um sistema escolhido por apresentar maior economicidade.

2.1.7 Estágio tecnológico

O estágio tecnológico dos diferentes fatores associados à problemática do transporte pode impedir que seja adotada uma determinada alternativa mais vantajosa sob outros pontos de vista. Por exemplo, até há poucos anos atrás era antieconômica a transferência de óleos combustíveis à longa distância através de condutos. Atualmente, entretanto, o aperfeiçoamento dos revestimentos térmicos, como a espuma de poliuretano, já permite um transporte econômico por este meio.

2.1.8 Recursos humanos e de manutenção

Este fator refere-se principalmente ao emprego de sistemas mais ou menos sofisticados e que poderão deixar de ser utilizados pela falta de recursos humanos, suficientemente treinados, ou de serviços de manutenção bem estruturados.

2.1.9 Flexibilidade

Cada modalidade de transporte possui maior ou menor grau de flexibilidade, isto é, uma vez implantada, poderá ou não ter possibilidade

de emprego em situações diversas daquelas para as quais foi planejada e construída. Por exemplo, enquanto o transporte rodoviário já tem uma grande flexibilidade, o mesmo não ocorre com o oleoduto.

2.2 Fatores de natureza econômica

Os principais fatores de natureza econômica são os seguintes:

- a) menor custo operacional
- b) menor custo de capital
- c) menores investimentos
- d) utilização de investimentos já existentes
- e) confiabilidade quanto às características das fontes de produção e dos mercados consumidores
- f) disponibilidade dos recursos para investimentos

Qualquer um desses fatores poderá constituir-se no melhor critério decisório, desde que, diante das circunstâncias, seja mais relevante do que os outros ou participe de um grupo assim considerado.

2.2.1 Menor custo operacional

Custos operacionais são os decorrentes da operação de cada um dos elementos participantes do sistema, podendo ser classificados em custos de produção, comercialização, administração, apoio. Podem ser ainda diretos ou indiretos, fixos ou variáveis.

A escolha seria em função da alternativa que apresentasse o menor custo operacional, avaliado em termos de desconto do fluxo de caixa ao longo da vida útil provável do empreendimento.

2.2.2 Menor custo de capital

O menor custo de capital é aquele que, em termos de valor atual, apresenta o menor somatório de juros pagos em unidades monetárias de um mesmo ano. Se os volumes de investimentos das diversas alternativas se igualam, porém, os valores correspondentes a cada um dos períodos de aplicação são diferentes, deveria ser selecionada a alternativa de menor custo de capital em termos de valor atual, se determinadas circunstâncias não recomendassem outro critério decisório.

2.2.3 Menores investimentos

Constitui fator de decisão quando, sem sacrifício dos objetivos a serem alcançados, determinada alternativa necessita de menores investimentos, em termos iniciais ou avaliados segundo o menor custo de capital. No entanto, os valores absolutos dos investimentos não constituirão, por si só fatores decisórios. Antes de se propor um determinado sistema de transporte, torna-se necessário indagar, perante a incerteza relativa a deter-

minados elementos de planejamento, qual seria a diferença de resultados entre o sistema proposto e outro de vida útil mais restrita e que exigisse menores inversões. É possível expressar o fluxo diferencial, ou seja, a série cronológica de diferenças, ano a ano, entre os fluxos monetários de projetos alternativos e determinar qual deveria merecer a preferência sob o ponto de vista econômico.

2.2.4 Utilização dos investimentos já existentes

Outro fator a ser considerado é a utilização dos meios de transporte já existentes que exigissem uma pequena inversão adicional. Por exemplo, na hipótese de a região a ser atendida dispor de uma rede ferroviária, poderiam os objetivos ser atingidos com a construção de um trecho de oleoduto e a introdução de algumas melhorias operacionais na ferrovia; resultaria, desta forma, ser mais econômico esse projeto do que a construção de um oleoduto para todo o percurso.

Torna-se necessário salientar que a análise de investimentos elaborada através de fluxos diferenciais pode assegurar-nos que um determinado projeto recebeu a melhor formulação possível. Entretanto, não nos devemos satisfazer com a melhor alternativa constituída por apenas uma modalidade de transporte, mas utilizar os fluxos diferenciais para escolher o sistema mais adequado, inclusive integrando recursos já existentes.

2.2.5 Confiabilidade quanto às características das fontes de produção e dos mercados consumidores

Se as fontes de produção e os mercados consumidores estão sujeitos a grandes oscilações, tanto em termos quantitativos como qualitativos, ou se a estimativa de seu comportamento futuro não apresenta grau de confiabilidade satisfatório, deverão ser utilizados meios de transporte que possam ser deslocados para outras áreas, caso não se confirmem os valores adotados nos trabalhos de planejamento. Ou seja, a maior ou menor flexibilidade do sistema, considerado o maior ou menor grau de confiabilidade dos mercados, constitui fator importante na seleção da alternativa.

2.2.6 Disponibilidade de recursos para investimentos

Ao se comparar alternativas de investimentos deverão ser levadas em consideração as disponibilidades de recursos existentes, efetiva ou potencialmente, próprios e/ou de terceiros. Em princípio, poderão ser eliminadas aquelas que, selecionadas por outros critérios econômicos, venham a exigir investimentos de tal ordem que superem a capacidade financeira da empresa, bem como sua capacidade de obtenção de financiamentos.

Ao elaborar a análise econômica final das alternativas, considerados os fatores de seleção enumerados, é necessário ressaltar que, ao otimizar o conjunto de elementos relativos a cada uma dessas alternativas, alguns daqueles fatores tenham de ser sacrificados em detrimento de outros de caráter mandatório, por razões inerentes às características físicas, sociais

ou econômicas regionais. Deve ser considerado também, e isto é sumamente importante, o caráter peculiar do abastecimento de petróleo e derivados, sua obrigatoriedade de atendimento contínuo das demandas dos respectivos mercados, o que em certos casos e em determinadas condições, pode sacrificar o aspecto econômico na seleção de seus investimentos.

3. Transporte por condutos

3.1 Histórico

As tubulações já eram conhecidas como um meio prático de transporte de líquidos desde a Antigüidade. Os chineses utilizavam grossos bambus à guisa de tubos, os egípcios e astecas os fabricavam de cerâmica e as civilizações grega e romana empregavam tubos de chumbo.

O primeiro conduto para transporte de hidrocarbonetos foi construído em 1865 e ligava um campo de produção a uma estação de carregamento de vagões a uma distância de aproximadamente 8 km, na Pennsylvania, poucos anos após a descoberta de petróleo pelo Coronel Drake (1860). Foi construído em tubo de ferro forjado de 2" de diâmetro e enterrado. Suas bombas a vapor permitiam-no atingir uma pressão de até 15 kgf/cm² (quilograma-força por centímetro quadrado) e sua capacidade de transporte era de cerca de 100 m³/dia.

A aparição deste novo meio de transporte provocou a reação dos carroceiros que mantinham a supremacia do transporte de petróleo. Organizavam-se grupos que desenterravam e furavam a tubulação, destruíam os sistemas de bombeio e incendiavam os reservatórios.

A despeito destas manifestações e desde 1872, o transporte por conduto generalizou-se e vai adquirindo tal importância que um novo desencadeamento de hostilidades, provocado desta vez pelas ferrovias, tentará impedir sua expansão.

Esta característica marca a oposição dos meios clássicos aos meios modernos e encontra-se ao longo da história do desenvolvimento dos condutos de transporte.

O primeiro conduto particularmente audacioso, tanto sob o ponto de vista político como no plano técnico, foi construído em 1879 pela Tide Water Co., entre Coryville e Williamsport, ainda na Pennsylvania. Seu diâmetro era de 6", comprimento de 170 km e capacidade 1 500 m³/dia. Apesar das dificuldades de lançamento, notadamente na travessia dos Montes Alleghannys, ele foi construído rapidamente e funcionou com sucesso.

Em 1930 realizou-se pela primeira vez, sob os auspícios da Standard Oil, o transporte de produtos refinados entre a Refinaria de Bayway, próximo a New York, e a cidade de Pittsburgh. O transporte por conduto firmou-se a partir daí como um meio seguro e econômico. Em 1941 o total

das linhas para produtos refinados, nos Estados Unidos, já atingia 16 000 km passando a 29 000 km em 1947.

No ano de 1972, assinalamos os seguintes comprimentos de linhas nos Estados Unidos: gasodutos 396 700 km; oleodutos para petróleo bruto 170 189 km e para derivados 106 662 km.

Atualmente, toda a gama de produtos refinados é praticamente transportada em condutos. Num mesmo conduto podem ser transferidos, sucessivamente, desde o gás liquefeito de petróleo até o óleo *diesel*.

No Brasil o transporte por conduto, já num conceito mais moderno, começou com o Título de Autorização n.º 850, de 27.8.1948, dado pelo Conselho Nacional do Petróleo à Estrada de Ferro Santos—Jundiaí para a construção de uma rede de oleodutos entre as cidades de Santos e São Paulo, conforme já mencionado.

A partir da criação da Petrobrás, o transporte por conduto teve grande incremento com o lançamento de linhas coletoras dos campos de petróleo da Bahia bem como dos oleodutos necessários aos seus escoamento para a Refinaria Landulpho Alves e para o Terminal Marítimo Almirante Alves Câmara (Temadre). Mas o grande impulso na construção de oleodutos no Brasil começou a partir de 1966, com a ampliação do parque de refino e a conseqüente necessidade de modernização dos meios de suprimento de petróleo e escoamento de derivados.

Naquele ano começou a funcionar o maior oleoduto em extensão do Brasil (362 km), transferindo produtos refinados provenientes da Refinaria Duque de Caxias (Reduc) no estado do Rio de Janeiro para Belo Horizonte. Com a entrada em operação da Refinaria Gabriel Passos (Regap), em 1968, o oleoduto passou a desempenhar a função para a qual foi construído, qual seja, atender ao abastecimento daquela refinaria com petróleo recebido através do Terminal Marítimo Almirante Tamandaré, na baía de Guanabara.

Ainda no ano de 1966 entrou em funcionamento o oleoduto ligando o campo de Carmópolis ao Terminal em Atalaia Velha, no estado de Sergipe. Em 1968 começaram a operar dois novos oleodutos: o primeiro ligando o Terminal Marítimo Almirante Soares Dutra à Refinaria Alberto Pasqualini, Rio Grande do Sul, e o segundo destinado ao abastecimento de petróleo da Refinaria Presidente Bernardes através do Terminal Marítimo Almirante Barroso, no estado de São Paulo.

O oleoduto para suprimento de petróleo à Refinaria do Planalto através do Terminal Marítimo Almirante Barroso foi concluído em 1971, enquanto no ano seguinte entraram em funcionamento os oleodutos para derivados — uma linha para claros e uma para óleo combustível, esta revestida com espuma de poliuretano — destinados à transferência de produtos daquela refinaria para o Grande São Paulo.

No ano de 1973, a Companhia Siderúrgica Nacional e a Termelétrica de Santa Cruz iniciaram o recebimento de óleo combustível por meio de oleodutos (revestidos com espuma de poliuretano) diretamente da

Refinaria Duque de Caxias; também entraram em operação a rede coletora dos campos submarinos de Guaricema e Caioba, no litoral de Sergipe e o oleoduto para o Terminal Marítimo de Carmópolis.

Até o final de 1973 a Petrobrás já contava com mais de 2 000 km de oleodutos e gasodutos construídos e em operação.

3.2 *Problemática do transporte por condutos*

Em determinados casos, o problema de transporte por condutos apresenta exclusivamente características relacionadas com as técnicas de engenharia, como ocorre, por exemplo, nas transferências entre as unidades que constituem um pólo petroquímico ou entre uma refinaria e as bases de provimento de companhias distribuidoras de derivados localizadas em suas proximidades, ou mesmo entre as plataformas de atracação de um terminal marítimo e os parques de armazenamento existentes a curta distância.

No presente trabalho, consideraremos aqueles casos em que se apresentam opções envolvendo a exequibilidade do emprego de condutos para transferência de granéis líquidos, mesmo que o conjunto de alternativas possa ser apreciado de forma sumária pela utilização de referências consagradas pela prática de análise dos aspectos gerais dos empreendimentos.

É o que ocorre em relação ao abastecimento de refinarias, ou à descarga de navios petroleiros: as grandes quantidades a movimentar e os grandes recursos que as técnicas de engenharia proporcionam às construções de facilidades portuárias, bem como os desenvolvimentos relativos a instalações *off-shore* (oleodutos submarinos, bóias de amarração e plataformas de atracação) ampliaram consideravelmente as possibilidades de transferência de granéis líquidos por condutos, generalizando sua utilização.

Dessa forma, em determinadas condições, entre aquelas mencionadas, é *essencial e sem outras opções* a seleção dessa modalidade de transporte, não sendo necessário o planejador considerar qualquer alternativa de outra natureza, exceto se houver instruções especiais neste sentido, por razões de ordem estratégica.

Em relação à movimentação de derivados, existem três aspectos básicos a considerar: a competitividade entre as diferentes modalidades de transporte (dutoviário, ferroviário e rodoviário), a disponibilidade de recursos em face dos diferentes custos de oportunidade e as repercussões, em termos de custos sociais, da seleção de uma ou outra modalidade, especialmente em face da geração de capacidade ociosa. Dominam aqui os aspectos relacionados com a análise macroeconômica, em termos regionais ou mesmo nacionais.

O cálculo de tarifas pode constituir ou um elemento de referência ou um critério decisório, sendo necessário considerar a possibilidade dos custos operacionais e das parcelas correspondentes à depreciação e à remuneração dos investimentos serem absorvidos de maneira uniforme ou calculados ano a ano, admitindo uma determinada vida útil para o empreendimento ou meios de transporte a serem ampliados, qualquer que

seja sua modalidade. As dificuldades sempre evidenciadas em relação à projeção das transferências a serem realizadas, não só em termos quantitativos como no que diz respeito à estrutura das transferências, tornam recomendável a segunda alternativa. Se sua adoção, a curto prazo, pode onerar mais o consumidor (aliviando-o, no entanto, a médio e longo prazos), na realidade permite a reposição adequada dos investimentos e a disponibilidade dos recursos neles utilizados para novas aplicações, necessárias em face do efeito multiplicador que a maior disponibilidade de energia proporcionaria.

Dessa forma, cabe ao planejador investigar as peculiaridades dos diferentes planos de desenvolvimento econômico e social, a estratégia prescrita pelas respectivas políticas e linhas de ação, identificando as modalidades de transporte que devem ser consideradas bem como suas possibilidades e limitações. Elas representarão, convenientemente integradas com aquelas correspondentes a situações relacionadas com o estudo realizado, os instrumentos de ação que, pela sua constituição e aplicabilidade, repercutirão em maior ou menor escala, em termos nacionais, em função de sua participação relativa na estrutura nacional de abastecimento de hidrocarbonetos, especialmente a médio e longo prazos.

Esses aspectos merecem um tratamento especial, se possível, apreciando casos satisfatoriamente caracterizados, mais adequado para um trabalho que considerasse exclusivamente uma determinada situação a ser analisada.

3.3 *Sistemática para a elaboração de um projeto*

Uma vez determinado o interesse econômico ou a necessidade da instalação de um conduto, caberá aos engenheiros, representando o *proprietário*, a execução das seguintes tarefas:

- a) determinação das características essenciais do projeto;
- b) seleção dos construtores e fornecedores;
- c) coordenação da operação.

A determinação das características essenciais do empreendimento, de uma maneira geral, compreende a seleção do caminhamento preliminar, escolha do diâmetro da tubulação e a localização de estações. A elaboração final do projeto poderá envolver o contrato com mais de uma firma especializada.

A técnica de transferência de petróleo e derivados, por meio de condutos, foi baseada no emprego de tubulações destinadas ao transporte de água que faziam uso apenas de energia da gravidade. Uma mutação só foi possível graças a um duplo acontecimento de nossa era industrial:

- a) a fabricação de tubos de aço oferecendo uma elevada resistência à pressão;
- b) a construção de *transformadores de energia* (bombas e compressores), imprimindo ao fluido o equivalente a um desnível de centenas de metros.

A tubulação ficou, assim, liberada do desnível e do relevo, adquirindo uma grande flexibilidade de implantação. Portanto, o caminhamento de um conduto é geralmente condicionado apenas às possibilidades do emprego dos equipamentos especializados para o seu lançamento e às facilidades de futuro acesso para sua inspeção e manutenção.

Uma tubulação destinada ao transporte de hidrocarbonetos é quase sempre parte integrante de um conjunto do qual fazem parte terminais (marítimos e/ou terrestres), parques de tanques ou bases de provimento, representando sistemas complexos e de investimentos elevados, na ordem de dezenas ou mesmo centenas de milhões de cruzeiros.

Os custos dos tubos e seu lançamento podem representar 60 a 80% do custo total de um sistema de oleodutos, tornando, portanto, bastante significativos os desenvolvimentos do projeto e da construção relativos à tubulação.

O trabalho principal do engenheiro projetista de oleodutos é conseguir a máxima vazão para uma determinada tonelagem de aço. Existem dois meios para conseguir isto: um é pelo aumento do diâmetro do tubo, uma vez que a área cresce mais rápido que a circunferência; a outro é pela utilização de aço de maior resistência, permitindo o emprego de menores espessuras para os tubos. A combinação de ambas as soluções representa a tendência moderna para adotar tubos de maiores diâmetros e de menores espessuras.

As estações de oleodutos representam pequenas unidades industriais e sua localização, além de atender primordialmente aos aspectos hidráulicos, obedece aos demais requisitos comuns na implantação de projetos industriais, tais como: facilidades de acesso, do suprimento de energia e de água, topografia favorável e boas condições de solo.

O projeto de um sistema de oleodutos solicita todos os ramos da engenharia para sua execução; portanto, torna-se necessária uma equipe bastante especializada, cuja formação exige tempo não só para adaptação dos técnicos envolvidos: engenheiros civis, mecânicos, eletricitistas, eletrônicos, mas principalmente daqueles que irão coordená-los.

O mercado de projetos, em alta expansão em nosso País, torna mais crítica ainda a disponibilidade de profissionais provocando uma rotatividade indesejável.

Em parte, isto é decorrência da falta de oportunidade até há pouco observada no tocante ao desenvolvimento de tecnologias, para projeto e construção, adequadas às nossas peculiaridades. A situação atual, bem como as perspectivas de ampliação da rede nacional de condutos, assegurando mercado para técnicos e organizações de projeto e de construção, especializados, necessariamente corrigirá as deficiências existentes, proporcionando não só melhoria e rapidez na execução dos serviços como também redução de seus custos.

3.4 *Perspectivas de ampliação da rede nacional de condutos*

Analisada a maneira pela qual vem aumentando o consumo nacional de derivados de petróleo, quer sob o aspecto de combustíveis como também em relação às matérias-primas e produtos básicos para a indústria petroquímica, é perfeitamente válido afirmar que são as mais amplas as perspectivas de se ampliar a rede nacional de condutos para a transferência de granéis líquidos, em face de sua essencialidade para a movimentação de petróleo e hidrocarbonetos gasosos e de sua elevada competitividade para o abastecimento de derivados.

Em primeiro lugar, convém mencionar a ampliação do parque nacional de refino. As novas refinarias, necessariamente, serão abastecidas através de oleodutos, ligando os terminais marítimos de recebimento de petróleo aos respectivos parques de armazenamento. As necessidades serão maiores à proporção que crescer a demanda de derivados nas regiões interiores do País, justificando a construção de refinarias próximas aos maiores centros consumidores, ou mesmo a ampliação de outras cujo sistema de abastecimento de petróleo exige novos lançamentos de oleodutos, em face de estar saturada a capacidade de movimentação inicialmente estabelecida para seus projetos.

O considerável esforço dispendido pela Petrobrás na exploração da plataforma submarina, inicialmente através de plataformas fixas e agora operando navios-sonda, perfurando em maiores lâminas d'água, apresenta resultados que justificam excelentes perspectivas em termos de produção de petróleo e de gases, estes avidamente disputados pelas indústrias petroquímicas. Seu escoamento far-se-á através de oleodutos submarinos, até os terminais de carregamento de navios, e de gasodutos, para as regiões consumidoras de gás.

A ampliação e diversificação das atividades da indústria petroquímica exercerão grandes solicitações para a movimentação dutoviária de matérias-primas e produtos básicos, de forma a assegurar apreciável redução nos custos. A Resolução n.º 9/70, do Conselho Nacional do Petróleo, resguardando o monopólio estatal, proporciona a flexibilidade indispensável à dinâmica e ao desenvolvimento do mercado interno, inclusive em termos de segurança da continuidade do abastecimento.

Essas frentes de operação estão suficientemente caracterizadas em relação à essencialidade e mesmo à competitividade do transporte por condutos. Não são reduzidas, no entanto, as perspectivas que se referem à ampliação da rede de condutos para atender ao abastecimento do mercado nacional de combustíveis. A Refinaria de Paulínia já tem parcela apreciável de sua produção transferida por condutos para atender ao abastecimento do Grande São Paulo, o mesmo devendo ocorrer com a futura Refinaria de São José dos Campos.

A Refinaria Duque de Caxias, já abastecendo com óleo combustível a Usina Siderúrgica de Volta Redonda e a Usina Termelétrica de Furnas, em Santa Cruz, e com querosene para jato o Aeroporto Internacional

Principal do Brasil, poderá ampliar as transferências de derivados através de condutos à proporção que o mercado consumidor, em sua zona de influência, justificar tal providência.

Se houver necessidade de reduzir o emprego de combustíveis nos meios de transporte, em face de uma escassez mundial de petróleo, isso aumentará a conveniência de utilização de condutos em vez dos transportes rodoviário ou ferroviário, este último quando operado de forma a consumir óleo *diesel*.

Outro aspecto a ser considerado é o que se relaciona à disponibilidade de gás natural, a qual poderá dar origem a uma ou diversas redes de gasodutos para atender tanto ao consumo industrial como ao consumo doméstico das grandes cidades.

Finalmente, cumpre mencionar a possibilidade de utilizar-se o transporte dutoviário para a movimentação de sólidos em suspensão, técnica já adotada em alguns países e que no Brasil poderá criar possibilidades para a exploração de evaporitos.

Os elementos apresentados justificam plenamente serem excelentes as perspectivas de ampliação da rede nacional de transporte por condutos.

4. Sistemática para seleção de sistemas de transporte

As informações apresentadas mostram a complexidade dos aspectos determinantes na seleção e no dimensionamento de um sistema de transporte para atender ao abastecimento de petróleo e derivados. O estudo de alternativas que permitissem caracterizar o desenvolvimento do processo decisório exige esclarecimentos e detalhes que excedem o propósito do presente trabalho, destinado a proporcionar apenas um panorama geral do problema, devendo o referido estudo ser reservado para as complementações possivelmente elaboradas, mediante o interesse que o assunto vier a despertar.

No entanto, julgamos oportuno apresentar, em termos gerais, os procedimentos utilizados na seleção do sistema de transporte necessário a atender ao abastecimento de derivados de petróleo de uma determinada região geoeconômica, através da implantação de uma refinaria que nela seria situada.

4.1 A conjuntura

Os estudos de mercado relativos ao abastecimento nacional de derivados, em termos nacionais, regionais e setoriais, concluíram pela necessidade, conveniência e oportunidade da Petrobrás promover a ampliação, a curto prazo, da capacidade nacional de refino.

Os mesmos estudos identificaram que uma das possibilidades seria a construção de novas refinarias, podendo uma ser localizada em determinada região geoeconômica, atualmente abastecida por três refinarias, cada

uma delas atendendo à referida região através de sistemas de transporte peculiares, integrando transferências marítimas, ferroviárias e rodoviárias.

Estudos iniciais indicaram, desde logo, a conveniência de serem delimitadas duas alternativas, em face das características do abastecimento de petróleo à refinaria e do escoamento de derivados para os mercados consumidores, apresentando reduzida demanda de óleo combustível em relação aos esquemas normais de refino. Numa das alternativas, a refinaria seria localizada no litoral, minimizando o custo da transferência de petróleo; na outra, a refinaria seria construída no interior, mais próxima das áreas consumidoras, reduzindo o custo da distribuição de derivados claros, aumentando, porém, o custo das transferências do petróleo e do óleo combustível.

Seria indispensável à implantação da refinaria um novo sistema de transporte para o abastecimento de petróleo; poderia tornar-se ociosa apreciável parcela dos meios que operavam o atual sistema de transferências de derivados, acarretando repercussões cujo custo social conviria ser investigado, se exequível, em prazo compatível com a urgência dos investimentos a realizar.

Para atender à expansão do mercado, a curto prazo, poderia ser prevista a ampliação de refinarias já existentes, exigindo, em relação ao sistema de transporte atualmente utilizado, investimentos complementares de amplitude significativamente menor.

Foi fixado como critério preliminar para avaliação do mérito relativo das diferentes alternativas, o custo final, somatório dos custos parciais relativos a cada produto, do abastecimento de determinados mercados considerados capazes de caracterizar a região geoeconômica a ser atendida pela futura refinaria.

A determinação do custo final do abastecimento, correspondente a cada uma das alternativas, deveria considerar tanto os investimentos como os custos operacionais, quer referentes ao processamento do refino como à movimentação e armazenamento dos derivados, e isso levando também em consideração o possível aumento da demanda de cada um dos mercados consumidores em relação aos diferentes produtos.

A falta de disponibilidade de um modelo matemático, convenientemente estruturado e desenvolvido, exigiu que o estudo do sistema de transporte fosse feito por etapas setoriais e entre reduzido número de alternativas.

Os estudos de mercado fixaram em torno de 90 000 barris por dia a capacidade inicial de processamento da refinaria e estimaram em cerca de 10% ao ano o crescimento da demanda; porém, em condições de operação com os tipos de petróleo normalmente disponíveis, seria imperioso exportar para outras regiões parcela significativa de óleo combustível.

4.2 *O abastecimento de petróleo por via marítima*

A localização das fontes de produção de petróleo, domésticas e internacionais de mais freqüente disponibilidade, impunha a utilização de transporte marítimo, sempre que possível, em navios de grande porte.

Quanto ao ponto de descarga da transferência marítima de petróleo, cinco alternativas foram apresentadas:

- a) utilização de terminal marítimo para navios de grande porte, já existente, e transferência para a refinaria por oleoduto;
- b) utilização de terminal marítimo para navios de grande porte, já existente, e transferência para a refinaria por navios de porte médio e que tivessem acesso às instalações portuárias localizadas na região geoeconômica onde ficaria situada a refinaria, exigindo ou não posterior transferência por oleodutos;
- c) utilização de instalações portuárias já existentes, porém com sérias restrições ao porte dos navios que nelas poderiam operar;
- d) construção de instalações portuárias capazes de permitir a operação de navios de grande porte, em local abrigado, exigindo, porém, dragagem e investimentos de grande vulto;
- e) instalação de um sistema de amarração por ponto único (monobóia) em área que permitiria a operação de navios de grande porte.

A análise destas cinco alternativas revelou que, do ponto de vista operacional, uma era inexecutável, outra de executabilidade duvidosa, e duas exigiriam investimentos de vulto excessivo (uma delas necessitaria a operação integral de 12 navios de 14 000 toneladas de porte bruto, a serem construídos). Conforme será esclarecido posteriormente, foi sugerida a alternativa correspondente à instalação de uma monobóia, isso devendo ocorrer em qualquer alternativa selecionada para localização da refinaria.

A experiência já adquirida com instalação existente, bem como o grande desenvolvimento que terão as atividades relativas ao lançamento e à operação de redes de oleodutos submarinos, necessárias ao escoamento da produção de petróleo da plataforma submarina, a qual apresenta excelentes perspectivas, permitem admitir grau de confiabilidade satisfatório na utilização de monobóia que, podendo operar petroleiros da ordem de até 200 000 toneladas de porte bruto, constituiria o ponto de descarga do petróleo, nacional ou importado, que abasteceria a nova refinaria.

4.3 *O abastecimento de petróleo por via terrestre*

O custo total do transporte, incluindo parcelas correspondentes ao abastecimento de petróleo e à distribuição de derivados, em face do critério decisório adotado, influenciaria decisivamente a localização da refinaria.

Em face dos estudos de mercado, duas alternativas deveriam ser determinadas quanto à localização da refinaria, conforme já foi mencionado: a) no litoral; b) no interior.

O fluxo de transporte, avaliado em barris por dia de operação, bem como a posição da melhor área marítima para localização da monobóia, em relação às áreas mais adequadas para instalação da refinaria, tornavam mandatório o emprego de oleodutos.

Se a refinaria fosse localizada no litoral os navios poderiam descarregar diretamente para os seus tanques, como já ocorre na Guanabara.

Se a refinaria fosse localizada no interior caberia verificar se seria mais econômico uma única linha, com capacidade para atender, por um determinado período, à provável demanda da refinaria, ou se proporcionaria melhores resultados, sob o ponto de vista econômico, a construção de duas ou três linhas, à proporção que aumentasse a demanda de petróleo pela refinaria.

O grau de incerteza quanto à maneira pela qual evoluiria, ao longo do tempo, a demanda dos mercados consumidores, recomendou que fosse estabelecida uma capacidade máxima de transferências para cálculo do diâmetro da linha, sendo as vazões progressivamente aumentadas através de ampliação da potência de bombeamento.

Na seleção do diâmetro e da potência foram utilizados modelos matemáticos que permitiram calcular o menor custo operacional total, incluindo as parcelas referentes à depreciação e à remuneração do investimento.

Os valores obtidos confirmaram as economias de escala da solução adotada para o abastecimento por via marítima, através de navios de grande porte operando em monobóia.

4.4 O sistema de transporte para o abastecimento de petróleo

Conforme esclarecido anteriormente, o sistema de transporte para o abastecimento de petróleo compreenderia, de acordo com os estudos até então realizados:

- a) uma modalidade marítima, operando com navios de até 200 000 toneladas de porte bruto e descarregando através de uma monobóia, fundeada a cerca de 10 km do litoral;
- b) uma modalidade terrestre constituída por um oleoduto (submarino e terrestre) que permitisse a transferência de petróleo diretamente dos navios para os tanques da refinaria, se esta viesse a ser localizada no litoral; ou constituída por dois oleodutos: um submarino que permitisse a transferência do petróleo dos navios para o litoral e outro terrestre, que realizasse a movimentação do petróleo dos tanques do terminal para os tanques da refinaria, se esta viesse a ser localizada no interior.

4.5 O sistema de transporte para o escoamento de derivados

Na hipótese de ser a refinaria construída no litoral, as características dos mercados consumidores imporiam que a transferência de produtos claros para o interior fosse feita através de oleoduto, inicialmente com uma linha e com duas quando a demanda do mercado o exigisse; o atendimento do mercado de óleo combustível seria feito por transporte ferroviário ou rodoviário. O escoamento do excesso da produção de óleo combustível seria feito por transporte marítimo, carregando os navios em instalações portuárias atualmente existentes.

Verificando-se a construção da refinaria no interior, na hipótese de ocorrer excesso de produção de óleo combustível, este derivado seria escoado pelo litoral, através de transporte rodoviário, ferroviário ou de oleoduto, dependendo das quantidades a atender, carregando os navios em instalações portuárias atualmente existentes. A definição de uma determinada modalidade de transporte ficaria condicionada às características do petróleo a ser processado e ao próprio projeto da refinaria.

A entrega dos derivados aos mercados consumidores da região geoeconômica abastecida pela refinaria seria efetuada por transporte ferroviário e rodoviário, utilizando a infra-estrutura já existente, ampliada apenas para nela integrar as instalações de carregamento da refinaria.

Para as transferências marítimas de derivados seriam utilizados navios de até 14 000 toneladas de porte bruto, já disponíveis.

Cumprе esclarecer que os mercados consumidores de derivados ainda não apresentam, mesmo a médio prazo, as características necessárias à operação de oleodutos, razão pela qual somente seria utilizada esta modalidade de transporte a fim de transferir para uma base de provimento localizada no interior os derivados produzidos pela refinaria do litoral; ou, sendo a refinaria construída no interior, exclusivamente para escoar o excesso de produção de óleo combustível até o litoral, se julgado conveniente, diante dos esclarecimentos já apresentados.

4.6 *Estimativa dos investimentos no sistema de transporte*

Consideradas as limitações decorrentes da sistemática de trabalho adotada, o estudo das alternativas teve como propósito definir, inicialmente, a estrutura do sistema de transporte, reservando-se para um estágio subsequente a escolha da tática a ser adotada para cada modalidade de transporte a fim de otimizar o custo total das transferências de petróleo e derivados.

É oportuno esclarecer que os investimentos físicos, em termos de estrutura do sistema de transportes, por si só, não permitem identificar a localização mais adequada à construção da refinaria.

Em termos exclusivamente econômicos, o elemento principal a ser enfatizado será o custo final do abastecimento, isto é, dos produtos entregues aos consumidores, nele incluídas parcelas que não correspondem a sua movimentação. O transporte é um elo da cadeia do abastecimento, e à localização escolhida para a refinaria, em face de outros fatores, poderá corresponder um custo global de transporte que não é o menor entre aqueles calculados para as diferentes alternativas.

Os valores de investimentos a seguir apresentados correspondem à primeira identificação do problema, tendo sido alguns deles continuamente revistos, por aproximações sucessivas, à proporção que determinadas restrições eram impostas em face de uma melhor caracterização da estrutura do abastecimento de petróleo (o porte dos navios foi ampliado de 135 000 para 200 000 toneladas, com repercussões no diâmetro dos oleo-

duto submarino e na tancagem dos terminais), e do escoamento dos derivados (comportamento da oferta de produtos em face dos tipos de petróleo disponíveis para processamento e modificação das próprias características do refino).

Em relação às alternativas mencionadas no subitem 4.2, aqueles valores foram os seguintes:

- a) Cr\$ 479 788 000,00 (refinaria no interior)
Cr\$ 441 100 000,00 (refinaria no litoral)
- b) Cr\$ 362 475 000,00 (refinaria no interior)
Cr\$ 252 480 000,00 (refinaria no litoral)
- c) inexequível sob o ponto de vista operacional
- d) Cr\$ 244 835 000,00 (refinaria no interior, navios até 12m de calado)
Cr\$ 322 835 000,00 (refinaria no interior, navios até 16m de calado)
Cr\$ 190 110 000,00 (refinaria no litoral, navios até 12m de calado)
Cr\$ 325 957 000,00 (refinaria no litoral, navios até 16m de calado)
- e) Cr\$ 206 675 000,00 (refinaria no interior, navios até 16m de calado)
Cr\$ 129 310 000,00 (refinaria no litoral, navios até 16m de calado).

Os valores adotados correspondem às premissas iniciais do estudo; a adoção de uma estrutura de distribuição de derivados diferente daquela inicialmente elaborada, juntamente com parcelas de custo menores correspondentes ao processamento de petróleo, permitiram que a alternativa selecionada fosse a localização da refinaria no interior, abastecida por navios de até 16m de calado.

4.7 O confronto com outras possibilidades

Caracterizado o sistema de transporte para o abastecimento de petróleo à nova refinaria e o escoamento da sua produção de derivados, atendendo satisfatoriamente às necessidades dos mercados consumidores, seria possível comparar a alternativa selecionada (localização da refinaria e respectiva estrutura de abastecimento e distribuição) com outras possibilidades, como seja, a ampliação de refinarias já existentes.

Tal comparação seria importante, em face do critério adotado, para a implantação do sistema de transporte decorrente do estudo realizado e da própria localização selecionada para a refinaria.

A sistemática a ser adotada para esta e outras comparações que viessem a se tornar necessárias, no entanto, excede os limites impostos pelo tema objetivo do presente trabalho.

A experiência adquirida mostrou ser imprescindível a utilização de modelos matemáticos para decisão, a fim de tornar os trabalhos, não só muito mais rápidos, como também abrangendo um número mais amplo de estratégias (estruturas de sistemas) e táticas (condições operacionais de cada modalidade do sistema).

Na realidade, esforços bastante intensos e cobrindo áreas suficientemente amplas estão sendo desenvolvidos para a obtenção, a curto prazo, de modelos matemáticos para decisão, adequados à problemática nacional, tendo em vista as perspectivas de ininterruptas expansões das atividades indispensáveis ao abastecimento nacional de petróleo e derivados.

5. Síntese e conclusão

Os granéis líquidos aumentarão sua participação, progressivamente, na circulação de produtos, dinamizando as diferentes modalidades de transporte e tornando necessária a implantação de sistemas integrados, aos quais corresponderão apreciáveis investimentos.

Em face da política nacional de petróleo, compete à Petrobrás exercer o monopólio da União relativo ao transporte marítimo de petróleo bruto de origem nacional ou de derivados produzidos no País, e bem assim o transporte, por meio de condutos, de petróleo bruto e seus derivados e de gases raros de qualquer origem. Deve a Petrobrás planejar, construir e operar os sistemas de oleodutos e gasodutos que venham a se tornar necessários ao abastecimento nacional de hidrocarbonetos.

Reconhecidas a participação do petróleo no suprimento das necessidades mundiais de energia e a localização das fontes produtoras em relação aos mercados consumidores, tem aumentado continuamente a demanda de transporte marítimo, daí resultando no crescimento da frota mundial de navios petroleiros, não só na tonelagem total como no porte dos navios. O aumento da capacidade dos navios exigiu a ampliação das facilidades portuárias, inclusive desenvolvendo técnicas muito especializadas, como seja, a amarração por ponto único (monobóias).

Tal desenvolvimento tornou-se necessário para proporcionar economias de escala em relação ao transporte, por constituir seu custo parcela significativa no preço final dos derivados de petróleo, justificando-se assim estudos detalhados e complexos para estruturar os sistemas de transporte de forma a incorporar todos os progressos tecnológicos e a considerar adequada sistemática de estudos de mercado e análise de viabilidade econômica.

O transporte marítimo de petróleo é de natureza internacional, condicionado a uma multiplicidade de fatores que tornam altamente especializados os estudos relacionados com as características dos navios petroleiros e com o dimensionamento das frotas necessárias ao abastecimento das refinarias nacionais. O comportamento do mercado de fretes mostra, através de suas contínuas e profundas oscilações, o grau de incerteza inerente aos elementos a serem considerados em estudos relacionados com o transporte marítimo de granéis líquidos, ainda agora com sua complexidade aumentada em face da conjugação do transporte de granéis líquidos e de granéis sólidos. Sua análise não cabe nos limites do presente trabalho, de características inerentes a uma divulgação de informações gerais sobre

a transferência de granéis líquidos, como elemento componente de um sistema nacional de abastecimento de petróleo e derivados. O mesmo ocorre em relação aos transportes ferroviário e rodoviário.

Os esclarecimentos apresentados sob os títulos *Características gerais da estrutura do abastecimento de petróleo e derivados e Modalidades de transporte*, permitem uma identificação preliminar das peculiaridades de utilização de cada uma delas, e justifica a razão pela qual o transporte por condutos foi o objetivo principal do presente trabalho.

A natureza complexa do planejamento de um sistema de transportes para a movimentação de granéis líquidos poderá ser avaliada pelo número de fatores de seleção, de natureza técnico-operacional e de natureza econômica (15 ao todo), que foram identificados como merecedores de análise na avaliação das diferentes alternativas, as quais exigem estudos a serem desenvolvidos por profissionais das mais diferentes especialidades: técnicos de transporte marítimo, engenheiros de terminais e oleodutos, economistas, analistas de pesquisa operacional, etc.

Em face de suas características, o transporte de granéis líquidos através de condutos proporciona possibilidades bastante vantajosas para o abastecimento de refinarias e escoamento de derivados de petróleo, especialmente em termos de economias de escala e de confiabilidade quanto à continuidade de movimentação.

Sua participação na estrutura de transferências para atender ao abastecimento de petróleo e derivados nos Estados Unidos pode ser bem caracterizada pelos seguintes valores apresentados por Joelmir Betting:⁶

328 mil km de oleodutos;
82 mil vagões-tanque;
164 mil caminhões-tanque;
7 mil barcaças fluviais.

No Brasil, três fatores têm concorrido decisivamente para a ampliação do sistema de oleodutos para a movimentação de petróleo:

- a) a produção nacional de petróleo;
- b) a ampliação do parque nacional de refino;
- c) a interiorização das refinarias.

Para permitir o escoamento da região de produção da Bahia, existe uma rede de oleodutos que abastece a Refinaria Landulpho Alves e o Terminal Marítimo Almirante Alves Câmara, na baía de Todos os Santos, esse também responsável pelo escoamento de derivados produzidos por aquela refinaria e do petróleo a ser transferido para as refinarias localizadas nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais.

Também por oleoduto é transferida a produção dos campos de Carmópolis, em Sergipe, para o Terminal Marítimo de Carmópolis, o qual, através

⁶ Betting, Joelmir. *Na prática a teoria é outra*. 4.^a ed. São Paulo, Impres. São Paulo, 1973. p. 270.

de oleodutos submarinos, recebe a produção dos campos de Guaricema e Caioba, localizados na plataforma submarina.

É oportuno mencionar o gasoduto que escoará a produção do gás dos campos de Sergipe para o Pólo Petroquímico da Bahia.

Atualmente são abastecidas por oleodutos, além da Refinaria Landulpho Alves, na Bahia, as refinarias Gabriel Passos, em Minas Gerais, Alberto Pasqualini, no Rio Grande do Sul, Presidente Bernardes, Paulínia e União, em São Paulo; por oleodutos também serão abastecidas as refinarias de Araucária, no Paraná, e do Vale do Paraíba, em São Paulo, ora em construção. Com exceção do oleoduto para a Refinaria União, todos os demais foram construídos nos últimos seis anos.

Deve ser mencionado ainda o projeto relativo à construção do Terminal da baía da Ilha Grande, terminal de terceira geração, que poderá operar navios petroleiros de porte de até 400 000 toneladas e, através de oleodutos, proporcionará grandes economias de escala para o abastecimento das refinarias Duque de Caxias e Gabriel Passos, permitindo também que o atual Terminal Marítimo Almirante Tamandaré, na ilha D'Água, na baía da Guanabara, possa operar navios de porte adequado a exportação de derivados.

O crescimento do mercado de derivados tem-se comportado de maneira a justificar a construção de oleodutos para o abastecimento de determinadas localidades; além daqueles construídos há cerca de 20 anos pela Estrada de Ferro Santos—Jundiáí, estão operando oleodutos que transferem óleo combustível da Refinaria Duque de Caxias, no estado do Rio de Janeiro, para a Usina Termelétrica de Santa Cruz e para Volta Redonda; outro oleoduto transfere querosene para jato dessa refinaria para o Aeroporto Internacional Principal do Brasil, na Ilha do Governador. Dois oleodutos transferem derivados da Refinaria de Paulínia para Barueri, em São Paulo, os quais serão interligados com outros que alcançarão Utinga, na cidade de São Paulo.

A dinamização da indústria petroquímica, bem como as perspectivas oferecidas pela Resolução n.º 9/70 do Conselho Nacional do Petróleo, constituem elementos que ampliarão substancialmente o escoamento dos derivados de petróleo e de gás natural através de condutos, aumentando o número de condutos de pequena extensão atualmente existentes para abastecer estabelecimentos industriais.

Os quadros que seguem proporcionam algumas informações estatísticas relativas à movimentação de petróleo e derivados, os quais constituem a quase totalidade da movimentação de granéis líquidos no Brasil.

Ao concluir esse trabalho, que na realidade procura apenas divulgar elementos essenciais a uma visão global da problemática do transporte de granéis líquidos, dando ênfase às transferências por condutos, julgamos válido afirmar que o Brasil oferece excelentes perspectivas para a utilização de condutos; o seu desenvolvimento econômico e social necessariamente exigirá a ampliação, em larga escala, da movimentação de petróleo e de derivados através dessa modalidade de transporte pelas reais vantagens que proporciona.

Quadro 1
Derivados de petróleo transportados na cabotagem
Brasil

| Produto | Toneladas | | | | |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 |
| Gasolina | 1 565 205 | 1 866 596 | 2 302 362 | 2 170 023 | 1 892 808 |
| Óleo combustível | 1 332 112 | 1 995 690 | 1 379 889 | 2 000 803 | 1 674 048 |
| Óleo <i>diesel</i> | 1 534 166 | 1 478 988 | 1 682 549 | 1 839 368 | 1 609 488 |
| Querosene | 181 020 | 168 812 | 146 351 | 157 411 | 171 024 |
| GLP | 132 252 | 140 028 | 202 141 | 290 064 | 274 236 |
| Comb. aviação | 196 680 | 326 292 | 171 273 | 169 820 | 209 292 |
| Asfalto | 8 136 | 4 656 | 2 020 | 2 515 | 6 420 |
| Outros | 8 508 | 6 780 | 7 408 | 847 | 45 253 |
| Total | 4 958 079 | 5 978 842 | 5 893 993 | 6 630 851 | 5 882 569 |

Fonte: *Boletim Estatístico da Fronape.*

Quadro 2
Derivados de petróleo transportados por oleoduto
mil toneladas

| Oleoduto | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| E F S J | 4 334 | 4 442 | 7 211 | 8 477 | 7 206 |
| Paulínia — Barueri | — | — | — | — | 1 686 |
| Total | 4 334 | 4 442 | 7 211 | 8 477 | 8 892 |

Fonte: Estatística da RFFSA.

Quadro 3
Derivados do petróleo transportados por estradas de ferro
Brasil

| Produto | Toneladas | | | | |
|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 |
| Gasolina | 570 125 | 1 132 947 | 1 003 775 | 1 286 949 | — |
| Óleo combustível | 785 801 | 922 583 | 666 377 | 873 694 | — |
| Óleo <i>diesel</i> | 687 063 | 994 143 | 928 054 | 964 291 | — |
| Total | 2 042 989 | 3 049 673 | 2 598 206 | 3 124 934 | 3 618 000 |

Fonte: Estatística da RFFSA.

Summary

This article shows aspects related to the operational conditions and the planning of investments in pipelines. Regarding the rhythm of expansion in the consumption of petroleum and derivate products, and the possibilities that will be open in the next future for the intensive use of pipelines in transportation of commodities, Moura and Sant'Anna found it important to summarize and consolidate the experience of Petrobrás in this sector and to examine its future views.

It is well – known that the high scale economies proportioned by the development of maritime ocean transportation have demanded the substantial enlargement of the terminals' capacities – including the development of special techniques, as, for example, the single mooring buoys – and of the linear heavy transportation for dense bulk cargoes. The pipelines are a special mode for this kind of cargo when in liquid form or solid form in suspension. The investments in pipelines and their operation form, therefore part from integrated systems where the capacities of stocking, shipping and transporting are complementary and the operating techniques homogeneous.

In this sense, Moura and Sant'Anna's work, though specific, presents analytic insights of great value for the intermodal and intersectoral treatment of transportation and for the conception of integrated systems, which aim at making compatible the sequence: *local transportation of collection or distribution – linear transportation of dense bulk cargo – stocking and storing-shipping – ocean transportation.*

Informação é Investimento

O empresário bem informado tem maiores oportunidades de aumentar a rentabilidade de seus negócios.

Mantenha-se bem informado sem os ônus de pesquisas demoradas e custosas. A Fundação Getulio Vargas poupa-lhe esse trabalho publicando em seus periódicos estudos de especialistas consagrados e bem informados. Evite as soluções precipitadas. O planejamento é vital na continuidade de seus negócios. Os subsídios para as suas decisões são encontrados em **Conjuntura Econômica** e **Revista de Administração de Empresas**, da Fundação Getulio Vargas. Economistas, pesquisadores, estudiosos e técnicos em administração oferecem nessas publicações informações atualizadas.

E todo esse complexo de trabalho fica à sua disposição, mediante uma simples assinatura.

Pedidos para Fundação Getulio Vargas — Serviço de Publicações — Praia de Botafogo, 188 — C. P. 21.120 — ZC-05 — Rio de Janeiro, GB.