

O Problema do Tirante de Navegação e os Aproveitamentos Hidrelétricos nas Obras de Regularização do Regime Fluvial

LUCAS LOPES

“Les fleuves et rivières que se trouvent dans leur état primitif ou à peu près, de même que les cours d'eau puissamment équipés, doivent pouvoir, par des nouveaux aménagements, faire naître des trafics nouveaux puisés dans un potentiel de transports dont la croissance s'identifie avec celle de l'activité des hommes.”

(M. A. DELMER — NAVIGACION INTERIEURE)

AIDEIA de proceder-se a regularização parcial do regime hidrológico do São Francisco, através de obras de represamento de múltipla finalidade, implica em conseqüências de real interesse para a melhoria das condições de navegabilidade do trecho médio de Pirapora a Juazeiro, com o aumento do tirante d'água no período das estiagens.

Apesar de ser, inevitavelmente, uma notável via de transportes fluviais, o São Francisco, em seu estado natural, com insignificantes trabalhos de melhoramento, apresenta deficiências graves em face das exigências de um tráfego moderno.

De fato, em conseqüência do regime hidrológico da bacia, durante os meses de julho a outubro, as vazões do caudal se reduzem a níveis que tornam insignificantes o tirante livre para a navegação em um grande número de pontos. Barcos calando 1,20 m, como o “Engenheiro Halfed” só conseguem trafegar durante 7 a 8 meses do ano. No período de estiagem somente vapores de 0,60m de calado, com carregamento reduzido, mantêm em condições precárias o intercâmbio comercial entre os dois extremos do trecho médio navegável.

Como mostraremos em outra parte deste estudo, inúmeros obstáculos, de caráter local, dificultam a passagem dos barcos, mesmo em águas médias. Entretanto, é notório que a diminuição do caudal é o fator dominante na criação de dificuldades para a navegação do São Francisco.

Antes que a engenharia moderna tivesse aprendido a raciocinar em termos de regularização do regime fluvial, por obras de represamento de múltipla finalidade, as soluções possíveis para o melhoramento do São Francisco seriam encontradas, exclusivamente, nos esquemas de canalização, por meio de barragens eclusadas, ou de

melhoramentos locais através de dragagens, derrocamentos, espigões e guias correntes.

Hoje, compreende-se que, sem eliminar a necessidade de obras locais em certas passagens difíceis, pode-se alterar de forma substancial as condições mínimas de navegabilidade do rio, com a operação oportuna de grandes reservatórios de montante que, exercendo finalidade de controle de enchentes, geração de energia elétrica, irrigação, etc., possam sustentar uma vazão superior à mínima natural durante a época de estiagens.

Naturalmente êsses reservatórios devem jogar com volumes de ordem de bilhões de metros cúbicos, uma vez que atuarão, retendo as enchentes e reforçando as vazões de estiagem, durante períodos de várias semanas ou mesmo meses. Serão, por isso, obras de custo elevado, que se não justificariam economicamente, em face do tráfego atual do São Francisco, se não exercessem outras funções, de ponderável significado econômico.

Não é fácil estabelecer-se um critério seguro de apropriação de custos de um conjunto de reservatórios de múltipla finalidade, de modo a atribuir a cada uma de suas funções uma cota do custo total, permitindo a análise econômica dos efeitos que ela pretende exercer. Não será fácil avaliarmos as parcelas do custo dos reservatórios de regularização que devam ser apropriadas no custo do controle das enchentes ou no de melhoria das condições de navegabilidade. A experiência americana do Tennessee (1) indica as proporções dos custos, em face dos benefícios respectivos, que deviam ser apropriados a três itens principais:

Navegação 22%
 Controle de enchentes 12%
 Geração de energia 65%

Naturalmente essas proporções não têm caráter universal. Servem entretanto como elementos auxiliares para esclarecer nossos raciocínios.

Se adotarmos como premissa que deverão ser construídos reservatórios custando 1 bilhão de cruzeiros, deveriam apropriar à melhoria da nave-

(1) R. A. MONROE — *Principles of Allocation of costs* — Seminar on Economies of Multiple — purpose projects — TVA.

gação num total de 220 milhões de cruzeiros. Considerando que essa melhoria atingirá aos 1.370 quilômetros do curso médio navegável, encontraríamos para custo por quilômetro de rio o total de 160.000 cruzeiros. Se compararmos este custo com as despesas normais de construção rodoviária verificaremos que são modestos.

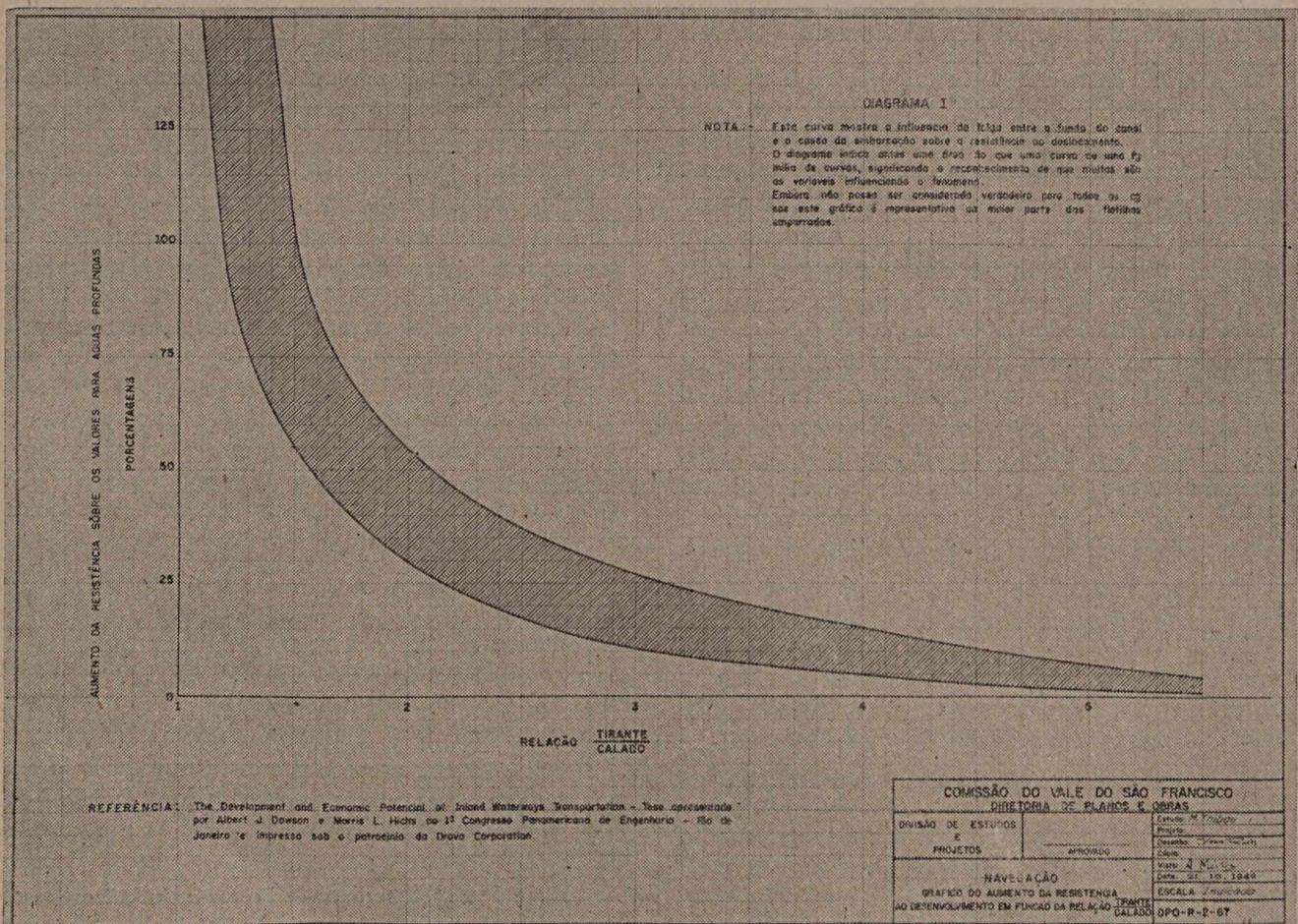
Analisemos, mais de perto, qual o significado real de um aumento do tirante de navegação no São Francisco. Deixemos de lado qualquer consideração sobre a maior segurança do tráfego. Os resultados mais ponderáveis de um aumento do tirante serão derivados da possibilidade que êle abre de adoção de barcos de maior tonelagem, com aparelhos de propulsão mais eficientes, permitindo maiores velocidades comerciais de tráfego.

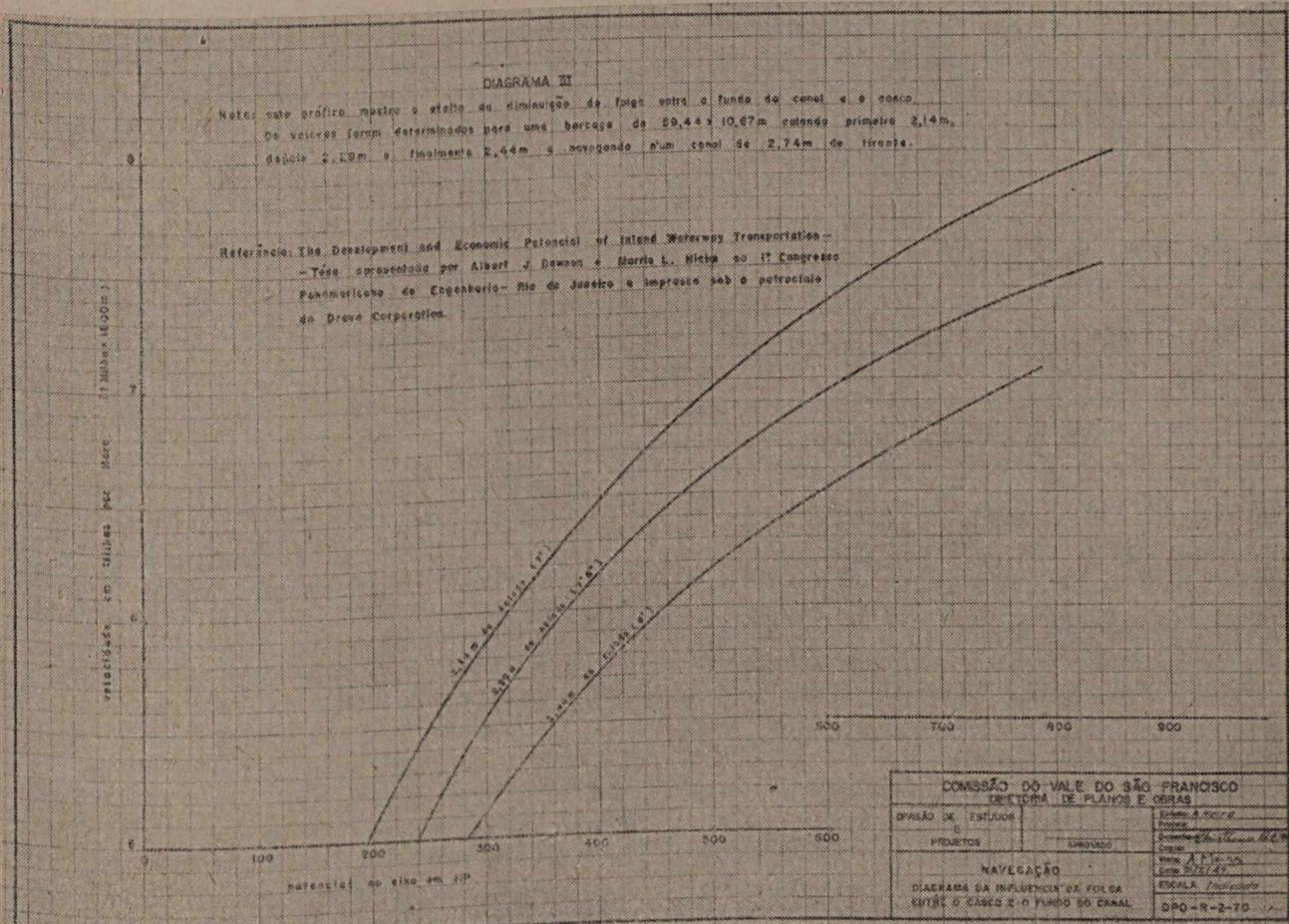
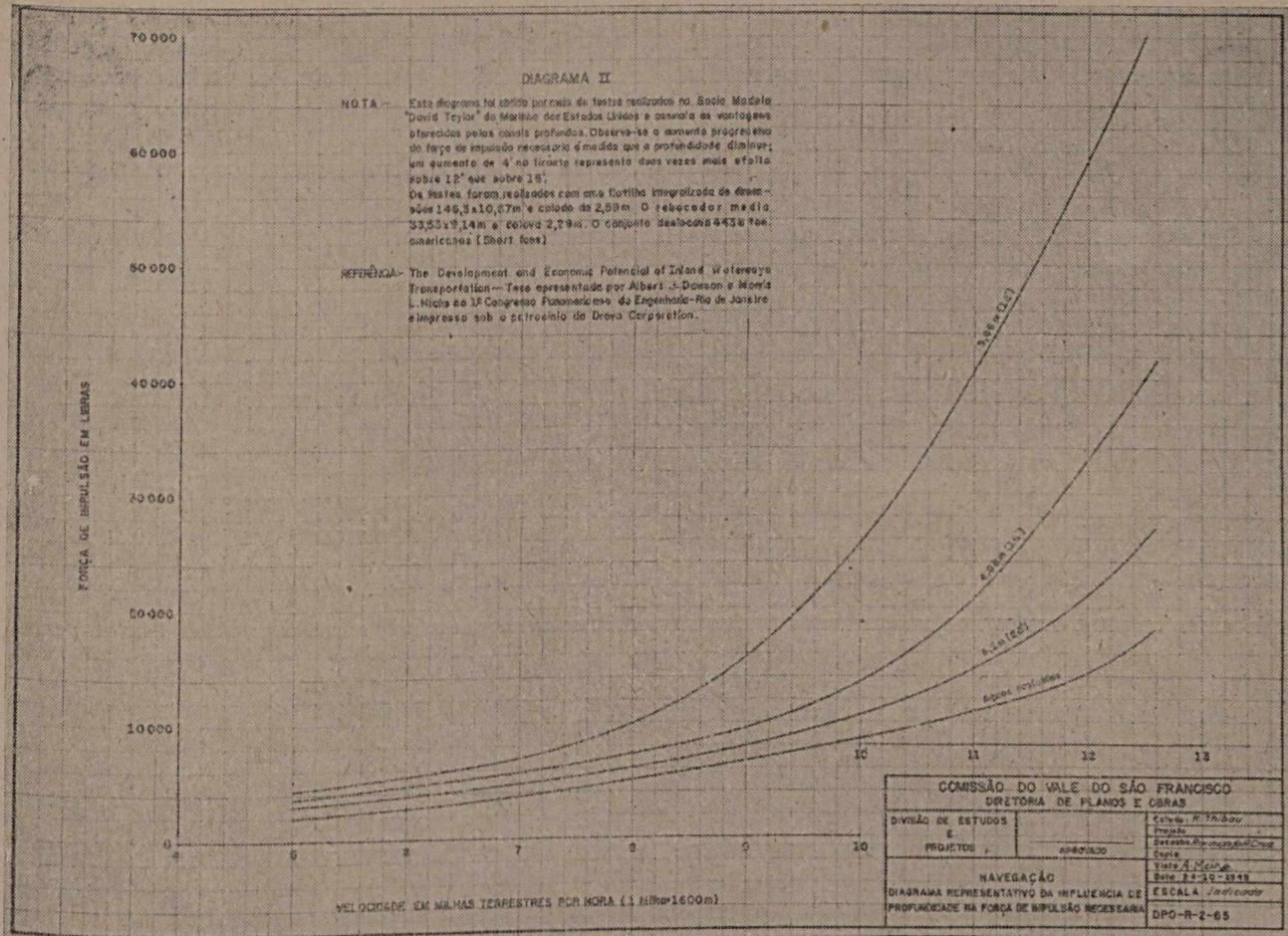
A análise do diagrama I, que reproduzimos abaixo, mostra como cresce a resistência do deslocamento do barco à medida que se reduz a relação do tirante livre para o calado, numa série de barcos observados (2). O diagrama II é um gráfico de dados obtidos pela bacia modelo de provas "David Taylor" da Marinha dos Estados

Unidos e assinala os resultados excepcionais que se obtêm com o aumento dos tirantes na curva de esforços de propulsão relacionadas a velocidades de deslocamento.

Esses elementos mostram que um rio de pequeno tirante tem o mesmo significado para o tráfego que uma estrada de ferro de más condições técnicas, onera indefinidamente o custo dos transportes. Um aumento de tirante tem o mesmo sentido que uma retificação de traçado que vise diminuir o comprimento virtual de uma ferrovia. Êle representará diminuição de despesas de transporte mesmo nos trechos de rio em que já existe folga suficiente para o tráfego fluvial. A possibilidade de adoção de barcos de maior tonelagem é uma vantagem reconhecida. A possibilidade de se utilizar propulsão a hélice, substituindo a propulsão a roda é outra vantagem que oferecerá um aumento de tirante de pequenas proporções. Com 1,80m de tirante já é possível a adoção de hélices, com segurança, o que significará a possibilidade de emprêgo generalizado de motores Diesel, em substituição às máquinas alternativas a vapor de baixo rendimento. Com tirantes mínimos de 1,80m e pequenas melhorias nas passagens difíceis, será possível o emprêgo de comboios de chatas, empurradas por rebocadores Diesel, de propulsão a hélice com dispositivo "Kort nozzle". Isto permitirá um tráfego rápido e econômico no vale.

(2) DAWSON N. HICKS — *The development and Economic potential of Inland Waterways Transportation* — Dravo Co. Pittsburgh — 1949.





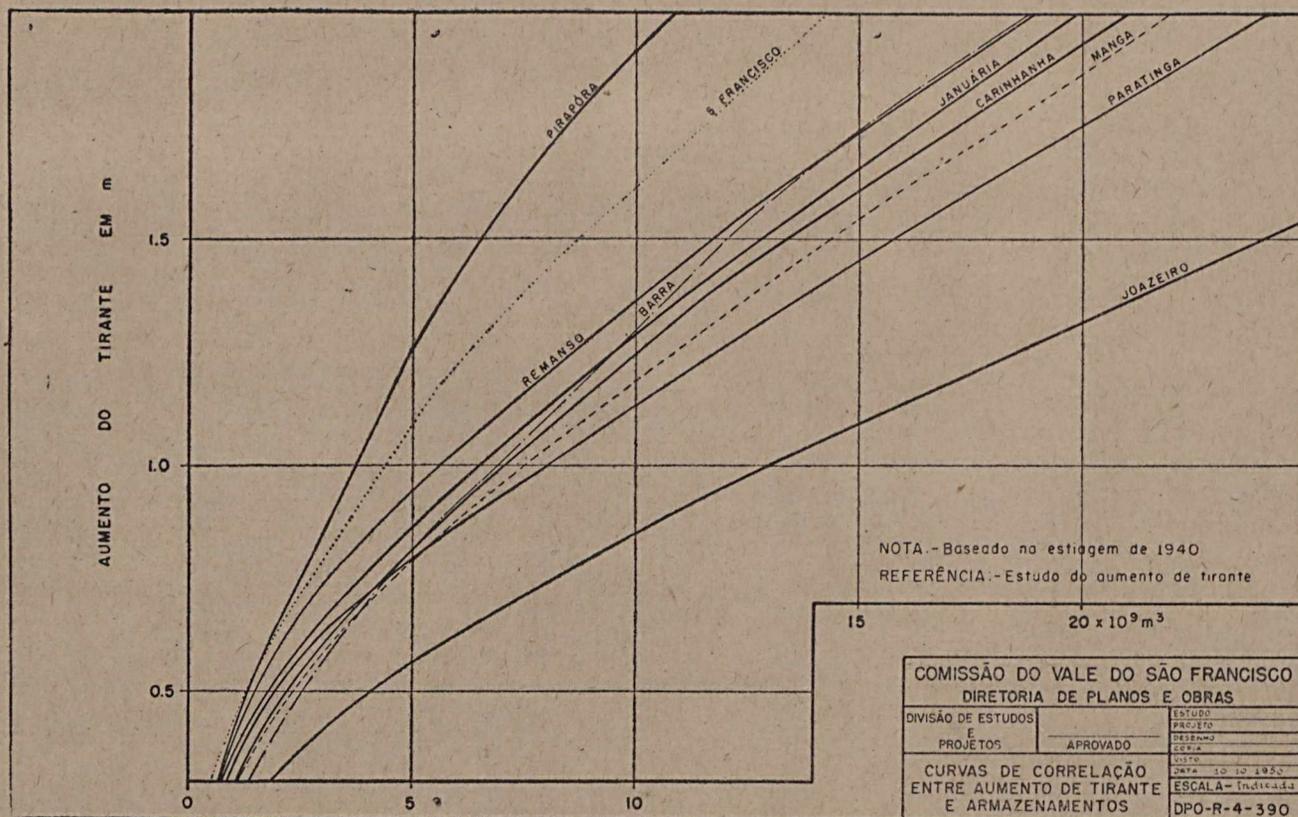
Os estudos de hidrologia que foram realizados pelos técnicos da Diretoria de Planos e Obras permitiram uma análise razoavelmente segura do problema do aumento do tirante.

Tratava-se de investigar pelas curvas "cota descarga" de cada pôsto hidrométrico quais os armazenamentos à montantes que seriam capazes de aumentar o tirante de 20, 40, 80, etc. centímetros. Em outras palavras, tratava-se de determinar o volume d'água que elevaria o nível de estiagem de uma certa altura em cada pôsto hidrométrico durante todo o período de estiagem.

Não vamos descrever aqui o processo de cálculo e as verificações procedidas pela equipe de técnicos da Diretoria de Planos e Obras porque no trabalho do *Engenheiro Mauro Thibau* o assunto é apresentado e discutido em todos os seus aspectos.

Só nos importa ressaltar a conclusão de que, armazenamentos de múltipla finalidade, de ordem de 8 bilhões de metros cúbicos úteis, representará substancial aumento de tirante sôbre o mínimo dos períodos de estiagem, que podem ser avaliados de forma aproximada pelos elementos do gráfico anexo, relativo ao ano de 1940:

cms de aumento de tirante	
Pirapora	135
São Francisco	114
Januária	113
Manga	104
Carinhanha	108
Paratinga	100
Barra	111
Remanso	120
Joazeiro	74



Deve-se notar que a profundidade mínima atual por ocasião das estiagens, nos pontos críticos é de 0,60m entre Pirapora e Lapa e de 1,20 entre Lapa e Joazeiro.

Considerando a situação das passagens difíceis, os estudos desenvolvidos sôbre um período de 21 anos de observações concluem que, com armazenamento de 8 bilhões de metros cúbicos, navios de 1,20m de calado como o Halfed, trafegarão francamente, durante os 12 meses do ano, num total de 18 anos. Em situações semelhantes a 3 dos anos mais secos observados, poderão surgir condições menos favoráveis de passagem sem interromper, entretanto, a navegação em caso algum.

Si bem que a deficiência de informações limétricas nos pontos de passagem difícil, e falta de batimetria precisa, nos impeça de conclusões numericamente positivas, os dados investigados são suficientes para fixarmos a conclusão que, os efeitos de regularização do regime, por barragens de montante com volumes úteis de 7 a 8 bilhões de metros cúbicos, serão ponderáveis, permitindo prever-se a possibilidade de utilização de barcos de 1,50 m de calado, desde que sejam também executadas pequenas obras locais em poucos pontos de passagem difícil.

Essas obras que foram estudadas em detalhe no relatório do *Eng.º A. H. Portugal*, serão comentadas em outro capítulo desse estudo.

Concluindo este capítulo devemos lembrar que as obras de armazenamento previstas no Plano, oferecendo já substancial aumento de tirante, devem ser consideradas como etapa inicial de um processo contínuo de represamento no alto São Francisco e nos afluentes mais importantes do médio, que irá, quando desenvolvido em novas etapas, melhorar gradativamente as condições de navegabilidade do rio.

* * *

"Power, one of the most important needs of man, is normally an income-producing factor. The bombing of power generating facilities, where technically practicable, with any type of dam — whether built for flood control, low water control, navigation or recreational purpose — may make economically feasible many a project which otherwise might not be so".

(National Resources Board — Report)

Não vamos analisar aqui tôdas as possibilidades ou projetos de aproveitamentos hidrelétricos localizados na bacia do S. Francisco, que têm sido focalizados por entidades interessadas na utilização da energia hidráulica. Faremos um rápido registro, no fim dêsse capítulo, dos maiores empreendimentos em curso, para discutirmos, agora, as obras de captação de energia hidrelétrica associadas e represamentos de regularização do regime fluvial.

Numa região de relêvo comumente acidentado, os aproveitamentos hidrelétricos mais econômicos são os que se encontram em quedas naturais, de grande altura, quase sempre localizadas nos trechos superiores dos rios, onde são relativamente pequenos os volumes de água em jôgo.

Na bacia do S. Francisco, inúmeras cachoeiras e desníveis naturais vêm sendo utilizados na região de suas cabeceiras, com a instalação de usinas elétricas. Essas obras não sugeriram, todavia, a construção de grandes reservatórios, que pudessem ter alguma influência ponderável na regularização do regime fluvial do rio principal.

Por outro lado, com o incremento excepcional das demandas de energia no alto S. Francisco, estão praticamente esgotadas as possibilidades de aproveitamentos hidrelétricos de porte médio ou grande, em desníveis de elevada altura, sem obras de armazenamento d'água. Mesmo que não se tivesse em mira formar reservatórios com finalidades múltiplas decorrentes da regularização do regime fluvial, já se imporia a construção de represas visando a utilização de potenciais superiores aos mínimos de vazão.

Existe, na verdade, a possibilidade de ampliação dos potenciais naturais existentes pela construção de bacias de compensação de efeitos locais, de reduzida influência sobre o grande rio.

Desde porém que se tenham em foco as vantagens da regularização do regime do S. Francisco, a construção de quedas artificiais e grandes

reservatórios torna-se a solução mais adequada, em termos gerais, para o problema de suprimento de energia do alto S. Francisco.

Em face das vantagens enormes oferecidas pelos represamentos que apontamos nos capítulos anteriores desta parte, impõe-se uma política de seleção dos aproveitamentos hidrelétricos do alto S. Francisco com a consideração de múltiplas finalidades.

Os custos iniciais elevados serão justificados pelo controle das enchentes, pelo aumento de tirante e por tôdas as conseqüências benéficas que tais obras oferecerão ao Vale, em vez de pesar exclusivamente sobre a obra de utilização hidrelétrica.

Felizmente os estudos hidrológicos e de campo indicaram os locais de interesse para a construção de barragens de regularização, em áreas de grande demanda de energia, abrangendo a região industrial do centro de Minas Gerais.

Desta forma nas represas de regularização será possível instalar usinas elétricas de vulto, com mercado garantido em curto prazo para a energia que irão gerar.

No Capítulo II da IV Parte estudaremos as possibilidades econômicas da zona industrial do centro de Minas apontando os fatores que justificam a previsão de aumento das demandas da energia na proporção de 11,5% cumulativos anuais, o que garante um mercado satisfatório para a energia a ser gerada nas usinas que se instalem ao pé das barragens de regularização.

A primeira usina já completamente estudada e que terá influência ponderável no esquema de regularização do regime do S. Francisco, é a do Fecho do Funil, onde serão instalados 120.000 Kw numa barragem de 75 metros de altura, com 160 metros de comprimento de crista, armazenando 1 bilhão de metros cúbicos úteis, para uma depleção de 10 metros.

O orçamento desta obra pode ser resumido da seguinte forma:

Milhões de cruzeiros	
Obras hidráulicas e de geração ...	310
Obras complementares e anexas	133
Soma	443

Para sua realização foi prevista no Plano SALTE uma verba de 300 milhões de cruzeiros, tendo sido estudada, por sugestão nossa, a constituição de uma sociedade de economia mista, com participação da União e do Estado de Minas Gerais.

Essa empresa, Companhia de Eletricidade do Alto São Francisco, deverá ter um capital inicial de 600 milhões de cruzeiros, incorporando os sistemas elétricos de propriedade do Estado que servem ao território mineiro da bacia do São Francisco.

As bases estudadas sugerem a participação da União e do Estado em igualdade de condições na formação da empresa. A União subscreverá 300 milhões de cruzeiros da verba do Plano SALTE, sendo 150 milhões em ações ordinárias e 150 milhões em ações preferenciais. O Estado de Minas, da mesma forma subscreverá 150 milhões de ações ordinárias e 150 milhões de ações preferenciais, podendo solicitar a contribuição do público para a subscrição de parte de sua cota de ações preferenciais.

Além da construção e operação da Usina do Fecho do Funil e sistemas elétricos incorporados a Companhia se incumbirá de completar a construção e operar, por conta do Governo Federal, as usinas de Jequitai, Pandeiros e outras que forem julgadas necessárias no Plano Geral de Aproveitamento do São Francisco a ser aprovado pelo Parlamento.

Em inúmeros trabalhos que foram apresentados como contribuições ao Plano do S. Francisco pelos Engenheiros H. L. Heinzmann, J. R. Cotrin e M. Thibau e nos estudos da Companhia Brasileira de Engenharia (CBE), sobre o Plano de Eletrificação de Minas Gerais, o empreendimento do Fecho do Funil foi tão exaustivamente analisado que nos dispensamos de anexar aqui outras considerações a respeito.

A segunda obra de finalidade hidrelétrica e com repercussão no esquema de regularização do regime fluvial do S. Francisco é o reservatório de armazenamento já iniciado no Rio Pará, a montante da usina do Gafanhoto. Esse reservatório armazenará cerca de 500 milhões de metros cúbicos d'água e permitirá a utilização integral da potência de 18.600 C.V. instalada na usina do Gafanhoto, que devido a redução de vazões nas estiagens só vem utilizando 7.000 C.V. de sua capacidade em máquinas. A construção desse reservatório em Cajuru, sem instalação local de qualquer equipamento de geração de energia, foi orçado, em face dos últimos estudos concluídos pela Comissão, em 28 milhões de cruzeiros. Deverá ser construído pelo Governo de Minas com verbas da CVSF porquanto, além de representar uma parcela de regularização do regime fluvial, fornecerá a energia necessária às obras do Fecho do Funil, evitando a instalação local de unidades térmicas para a movimentação do canteiro de obras, pedreiras, etc.

O projeto de construção da barragem das Três Marias, no próprio rio S. Francisco, logo a jusante da foz do Indaiá, com finalidade precípua de satisfazer a maior cota do programa de regularização do regime fluvial, acarretará também a criação de uma grande fonte de energia hidráulica, a uma distância aproximada de 220 km do centro de gravidades dos consumos de energia elétrica da região central de Minas que se encontra junto a Belo Horizonte.

Sendo uma obra de vulto, que exigirá estudos demorados e bem conduzidos, a indicação do

potencial a ser utilizado tem o caráter de primeira aproximação. A potência provável de 300.000 Kw deverá ser instalada em etapas sucessivas, provavelmente a partir de 1958.

Avaliamos que somente em 1953 se deverá atacar essa obra de modo intensivo, devendo-se completá-la em cinco anos, utilizando-se para isso do mecanismo de financiamento a longo prazo.

Sendo o projeto da barragem das Três Marias, ou obra equivalente nas proximidades, o empreendimento de maior vulto estudado no Plano do São Francisco, julgamos indispensável que esclareçamos o nosso ponto de vista sobre a apropriação de seus custos e obtenção dos recursos financeiros para sua execução.

Interessando diretamente a todo o vale, a parte de obras de regularização, orçada em 1 bilhão de cruzeiros, deve ser financiada pelos recursos do artigo 29 do ADCT. Interessando mais diretamente a quase toda região mineira do alto São Francisco, e mesmo a áreas vizinhas fora da bacia, os serviços de instalação da usina elétrica devem ser financiados pela Companhia de Eletricidade do Alto São Francisco, à medida das demandas que ocorrerem.

As usinas de Pandeiros, Jequitai e Formoso, já iniciadas, têm como finalidade o abastecimento de energia de áreas nitidamente privilegiadas por suas possibilidades econômicas. Os estudos dos técnicos especializados justificam a execução de primeiras etapas dessas obras com as seguintes potências e custos:

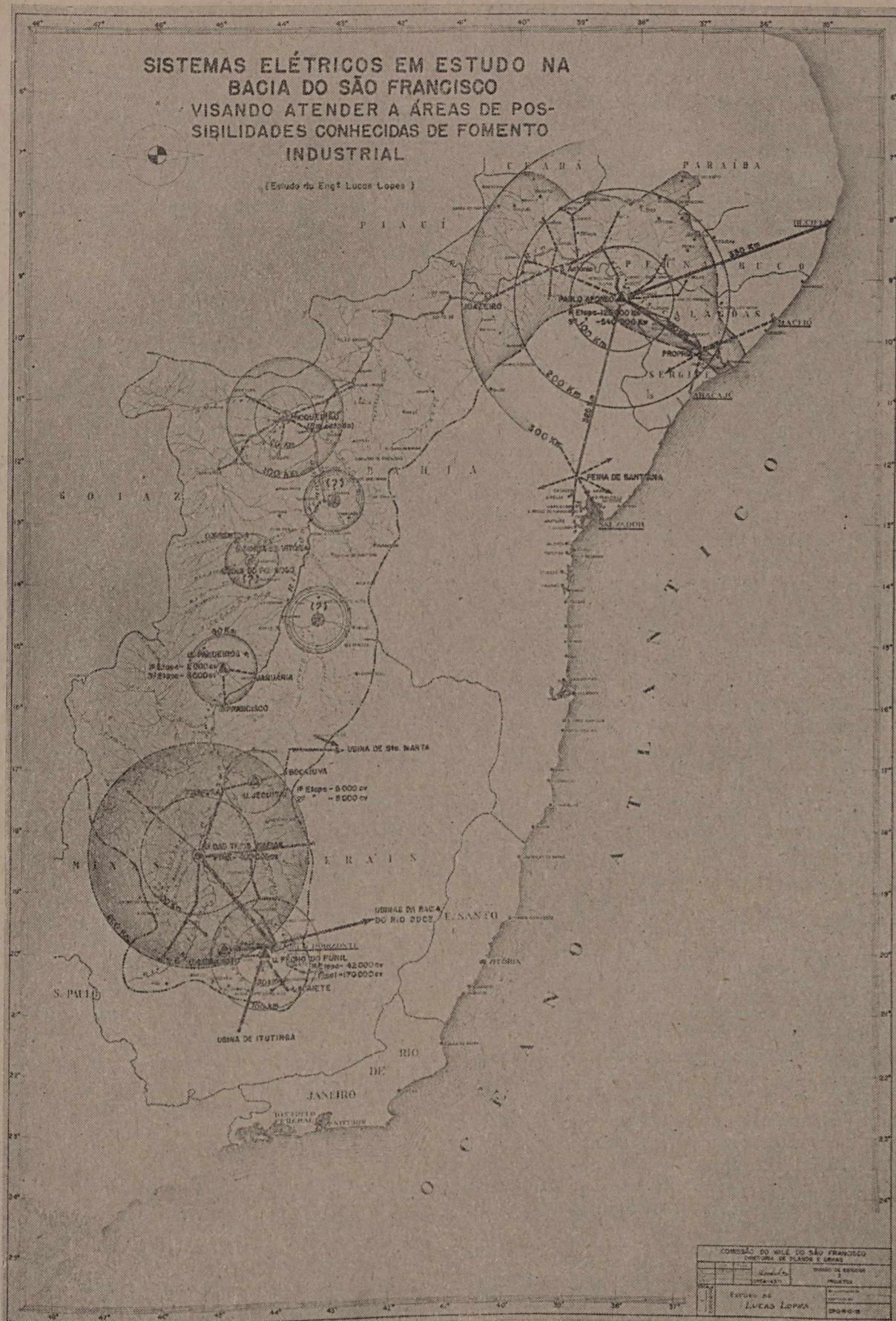
Milhões de cruzeiros

Pandeiros	(1.500 Kw)	26
Jequitai	(3.500 Kw)	60
Formoso	(1.500 Kw)	24

Além dessas obras de aproveitamento de energia elétrica considerou a CVSF o programa de extensão de linhas de transmissão de Paulo Afonso em direção às áreas de montante da cachoeira, previndo a utilização de parte substancial da energia a ser transportada em trabalhos de bombeamento d'água para irrigação, nos moldes do que foi realizado em Petrolândia. Para esse trabalho previu-se uma cooperação da CVSF equivalente a 20 milhões de cruzeiros no primeiro quinquênio de realização do Plano.

No alto S. Francisco cogita-se ainda da construção da Usina de Floresta, pela Cia. Fôrça e Luz de Minas Gerais, que deverá construir um reservatório de 150 milhões de metros cúbicos. Localizada a jusante do Fecho do Funil esta usina terá uma potência total de 70.000 Kw depois de construída esta barragem.

No rio das Velhas, o projeto de construção de três barragens eclusadas, em Ponte Raul, Soares, Baldim e Jequitibá, visando o armazenamento global de cerca de 600 milhões de metros cúbicos,



com finalidade de regularização e extensão da navegação do rio das Velhas até próximo a Belo Horizonte, permitirá, no futuro, a captação de um potencial global de 60.000 Kw.

Na barragem do Boqueirão do Rio Grande cujos estudos prosseguem, poderá ser instalado um potencial ponderável. A fixação desse potencial e das etapas aconselháveis de utilização dependerão das conclusões desses estudos.

Finalmente estudou a CVSF o problema de instalação de algumas usinas de pequeno porte, de

100 a 500 Kw, em algumas cidades do vale, julgando entretanto que, somente depois de realizados trabalhos preliminares de fomento à produção e assistência geral às populações, será oportuno enveredar-se por um programa dessa natureza. Por outro lado a CVSF julga conveniente não assumir a responsabilidade de ampliação de serviços de força e luz que se enquadrem no âmbito das obras puramente municipais porque de outro modo assistiria a pulverização de seus recursos em serviços de interesse local e secundário.