

Planejamento de Bacia Hidrográfica

LUCAS LOPES

PRELIMINARES

"The use and control of water resources presents a bewildering array of problems, some technological, some economic, some social, which, without a guiding principle, it is easy to lose one's way (WATER PLANNING COMMITTEE — NRB.)

TODA análise cultural que fizemos, na segunda parte deste trabalho, sobre a posição do problema do São Francisco em face da técnica geral de planejamento, visou criar uma compreensão justa dos pontos de vista que adotamos na elaboração da parte do Plano que nos coube coordenar.

Formando uma equipe valiosa de técnicos, obrigando-a a estudar, discutir e pensar com a mais absoluta liberdade, em pouco havíamos adquirido uma série de convicções que nos conduziriam a destacar no Plano do São Francisco o problema, que o Engenheiro — *John Cotrin* denominou, com precisão, de "planejamento no setor domínio da água".

Na realidade não existia uma "consciência" sanfranciscana como não existem, enunciados, objetivos comuns para os vários grupos de população que ocupam o Vale. A idéia de que o problema central do domínio da água fôsse erigido como tema mestre do planejamento não poderia surgir de nenhuma das aspirações regionais manifestas, mas, somente de uma visão panorâmica e nacional do problema.

Não obstante, a água do grande rio está presente em todos os temas de recuperação e progresso que se ensaiaram, com visão local ou regional.

É possível que, algum dia, se torne o São Francisco um "Vale das Maravilhas", para a atividade humana, mas, é certo, não o será enquanto estiver sujeito aos catastróficos transbordamentos periódicos das enchentes e às estiagens que reduzem o caudal a um nível incompatível com uma grande navegação fluvial.

Somente depois de um "domínio da água" será possível estabilizar-se a ocupação econômica da calha fluvial e desenvolver-se a produção, o comércio e a vida social.

A eliminação das grandes enchentes é essencial para o progresso da vida urbana ou rural, nas margens do rio. É essencial para a criação de centros de atividade industrial. É fundamental

para o aproveitamento agrícola das imensas áreas planas das vazantes. É indispensável para um perfeito saneamento das áreas marginais. Será um fator a facilitar o saneamento urbano, a reduzir a erosão marginal, a consolidar a exploração agrícola das lagoas do baixo São Francisco. O domínio das enchentes eliminará a feição repulsiva à atividade humana que o rio adquire de quando em vez. Será a condição básica para que se afaste de sua história o tema invariante das destruições catastróficas.

O controle das enchentes corresponderá a supressão do mais forte fator de inibição ao progresso da calha sanfranciscana.

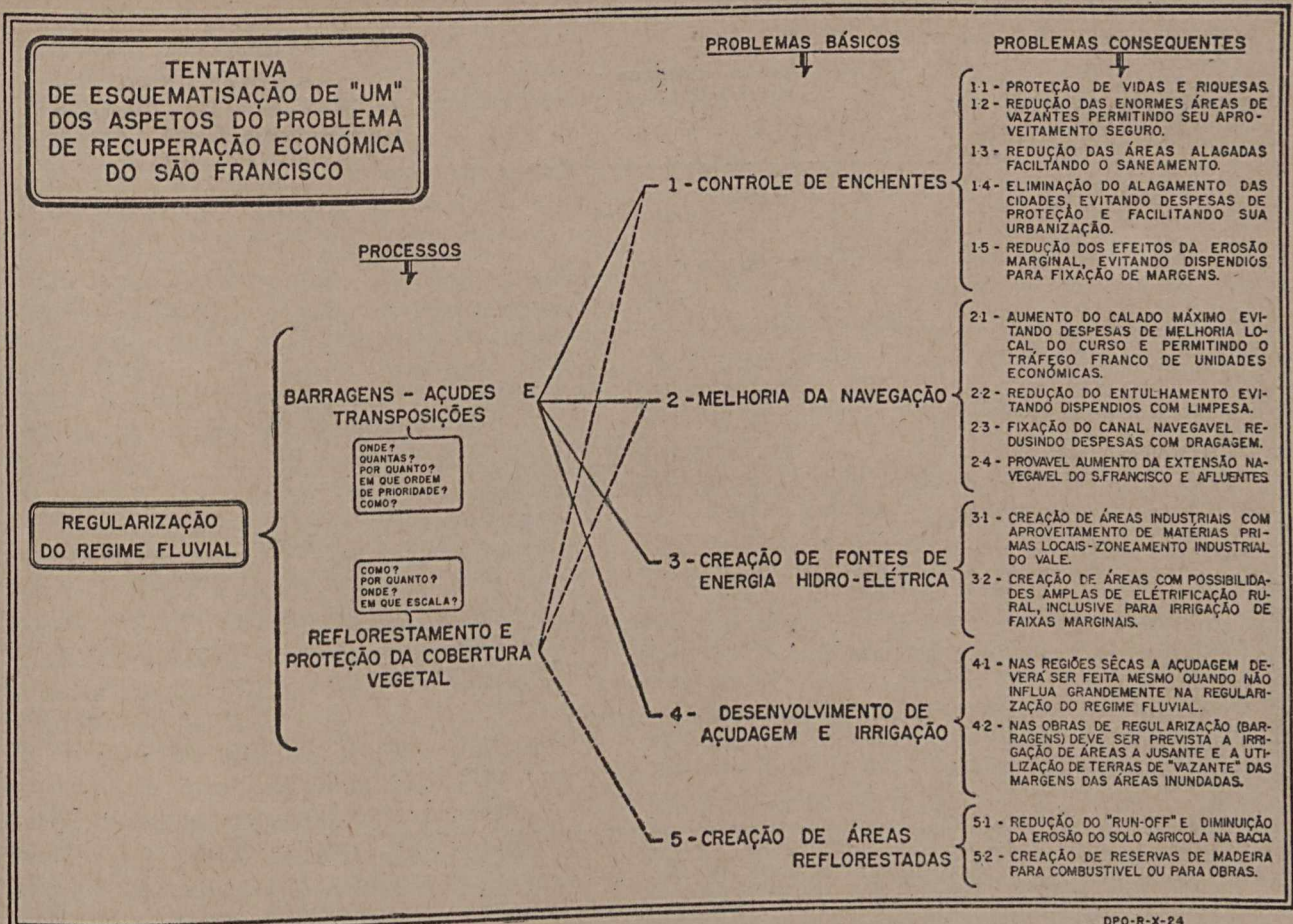
Como êle deverá processar-se por meio de represamentos que tendam para maior regularização do regime hidrológico do rio, irá associar-se fatalmente ao processo de melhoria das condições de navegabilidade dos períodos de estiagem. Os reservatórios de controle das enchentes serão bacias de retardamento, guardando as águas dos períodos de chuvas para deixá-las correr na época das estiagens.

O controle das enchentes e a melhoria da navegação se associam para sugerir a construção de obras de múltipla finalidade, de reservatórios de compensação anual, que além de eliminar a crista dos transbordamentos e encher as depressões das curvas de vazão, criem grandes pontes de energia hidrelétrica, permitam a irrigação de largas áreas, reduzam os entulhamentos do rio e a erosão. Sugerem também uma política da conservação do solo nas regiões das cabeceiras, de proteção e ampliação da cobertura vegetal que retarda o escoamento das chuvas e regulariza a vazão das fontes, dos milhares de mananciais que se unem para formar o grande rio.

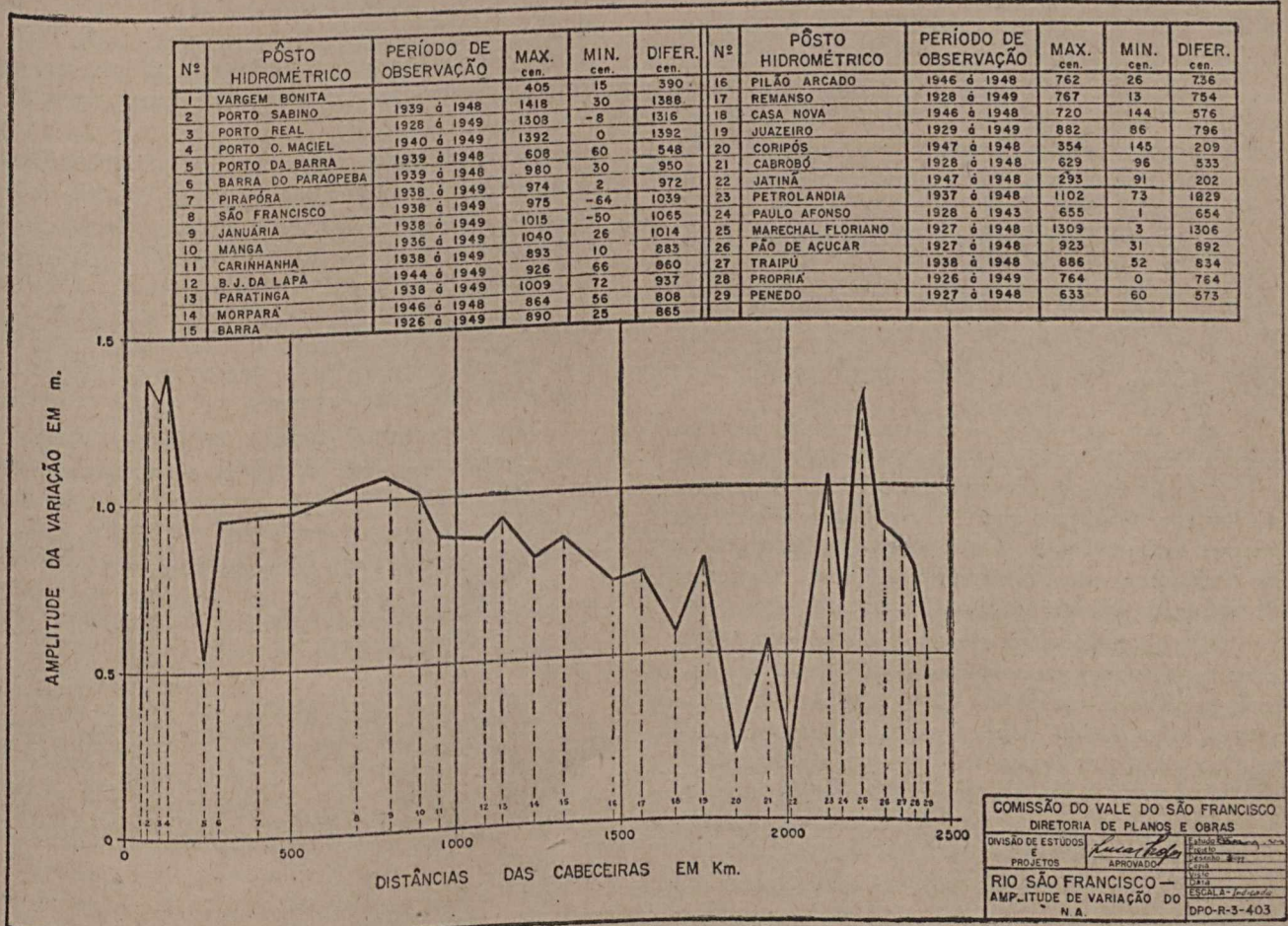
Em termos de engenharia o problema de *domínio da água* se expressa pelo objetivo de *regularização do regime fluvial*.

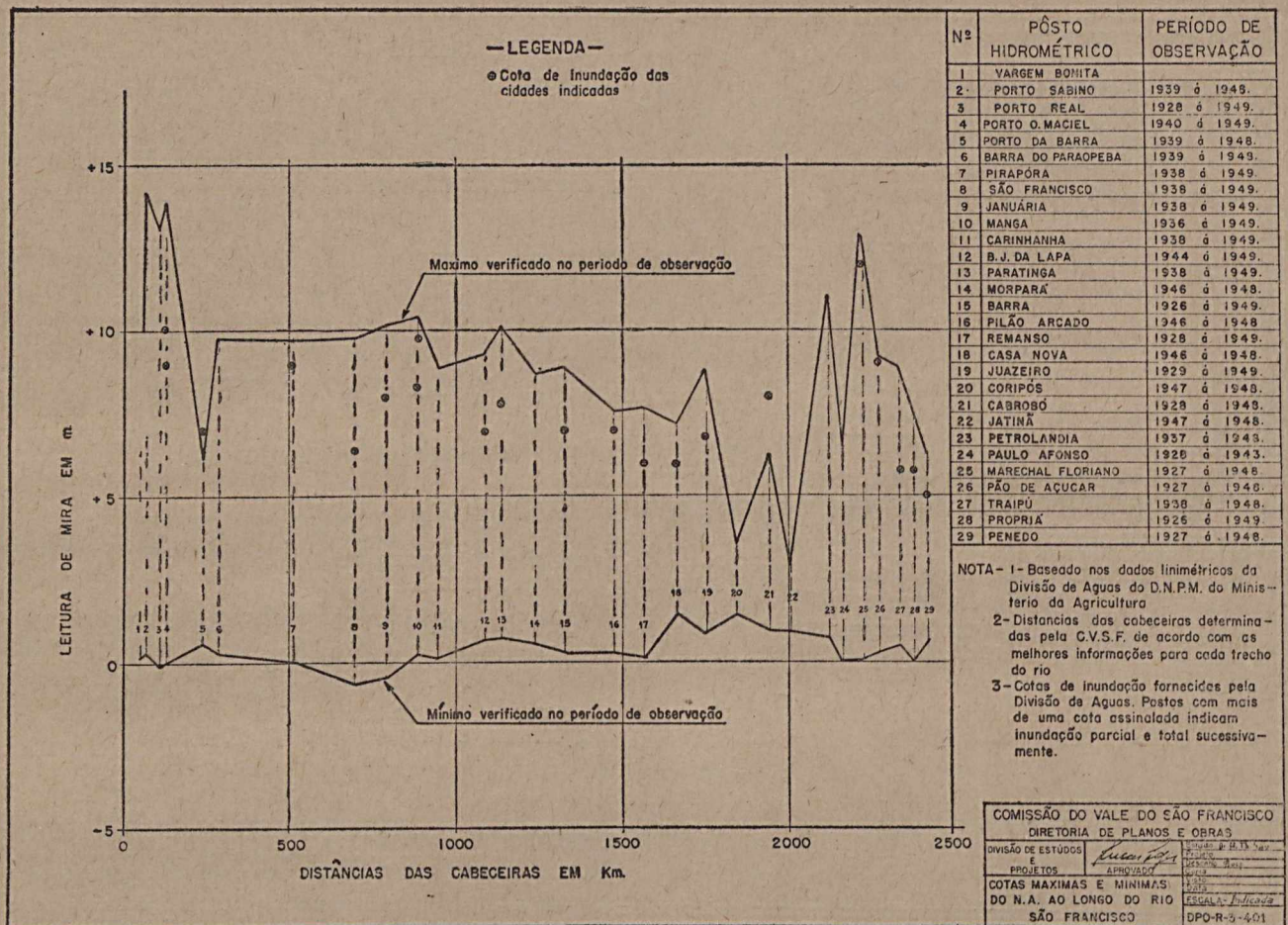
Sua solução será tanto mais segura e perfeita quanto melhor se conhecer o regime hidrológico da bacia. Será entretanto uma questão de engenharia, associada a problemas econômicos e influências sociais.

Até onde tentar alterar o regime do rio, em que locais construir barragens da regularização, que benefícios auferir dessas obras, como utilizar a energia elétrica que delas resultará, estes e tantos outros problemas precisam ser meditados e pe-



DPO-R-X-24





sados, num balanço de possibilidades e despesas, numa investigação de vantagens e ônus.

Sua resolução depende de uma clara visão cultural de todos os fatos físicos e humanos que estão presentes em seu enunciado. É um problema de engenharia em sua mais elevada concepção, da engenharia como arte de realizar objetivos sociais.

É entretanto, um problema fundamentalmente de engenharia. Deve ser pôsto em termos objetivos, em face de números, de erros, de gráficos de plantas, e desenhos. Exige raciocínios técnicos e conhecimentos positivos, locais, o mais possível completo.

Foi por isso que se procurou criar na Comissão do Vale do São Francisco uma equipe homogênea de engenheiros, que se desdobrou durante vários meses no esforço de investigar o rio, seu regime hidrológico, seus acidentes singulares, todos os elementos que pudessem esclarecer a questão da regularização do regime fluvial.

Nos capítulos seguintes resumiremos as idéias e as teses mais importantes do enorme trabalho realizado pela equipe da Diretoria de Planos e Obras. Em vários estudos especiais em centenas de desenhos, gráficos e tabelas que acompanham os relatórios dessa equipe estão registrados os dados que nos permitiram firmar opinião sobre o problema da regularização do regime fluvial.

Ele é perfeitamente solúvel, em termos de engenharia e de economia. Será possível e conve-

niente realizá-lo no período previsto pela Constituição, para a recuperação econômica inicial do Vale. Enormes e positivas serão suas repercussões.

O "domínio das águas" na bacia do São Francisco, não será, entretanto, a obra de uma única geração. Atingidos os objetivos que fixamos para a primeira fase desse empreendimento, essenciais para qualquer programa de recuperação da bacia, outras obras serão — fatalmente programadas no futuro para que a população crescente e progressista do vale encontre nêle elementos essenciais de segurança e desenvolvimento.

Tão importante como o "domínio da terra" será sempre, no São Francisco, o "domínio crescente da água".

O PROBLEMA DAS ENCHENTES

"Do São Francisco a soberana vaga, léguas e léguas triunfante alaga." (CASTRO ALVES).

Muito cedo se registrou, em nossa história, a obra destruidora das enchentes do São Francisco. Já em 2 de abril de 1696, anota o repórter (1), "os moradores do sertão do rio São Francisco nas terras do Mestre de Campo Antonio

(1) Reportagem de "O Observador Econômico e Financeiro" N.º XXXVII — Rio — 1939.

Guedes de Brito", pediam aos poderes eclesiásticos a instalação de uma irmandade no local denominado Urubu, hoje Paratinga, "o qual antigamente tivera capela de invocação de Santo Antônio, que a enchente do rio desmanchou".

Martins e Spix registrariam suas observações pessimistas sobre as enchentes ao lado do otimismo com que encaram os benefícios do rio.

"Em tôrno dessa grande catástrofe anual, move-se por assim dizer, tôda a vida dos habitantes do rio; à maneira do Nilo, atua sobre a agricultura, o comércio e a indústria; e o calendário natural dessas regiões. Também aqui a inundaçãõ aquinhoa a terra com fertilidade incrível. Esta grande fertilidade tem desde algumas décadas, provocado enorme acréscimo de população ao longo do rio; e os ribeirinhos, que tanta vantagem colhem do elemento benéfico, suportam com equanimidade as devastações e perigos acarretados de tempos em tempos pelas inundações".

Ainda hoje o ritmo das enchentes é um calendário natural a marcar a vida econômica do vale de desastres e frustrações.

É singular que este aspecto dos problemas do São Francisco tenha sido tão descurado nos projetos anteriores de beneficiamento da bacia.

Na verdade o contróle das enchentes ou a proteção das cidades, das indústrias e das lavouras contra seus efeitos, é uma condição primeira para qualquer tentativa de desenvolvimento econômico nas margens do grande rio.

De fato, o São Francisco tem um regime fluvial marcado de características tropicais nítidas. No gráfico anexo, mostramos a amplitude enorme dos valores extremos da cota do nível d'água que nos meses de enchentes ultrapassa as barrancas e a caixa normal do rio para alargar suas margens. Faltam elementos positivos sobre a extensão dos espraiamentos do rio em suas diversas seções, que, em certos pontos, parece ultrapassar larguras de dez quilômetros, nas enchentes de maior porte.

Descrevendo o rio, légua por légua, *Halted* já anotara os efeitos dos transbordamentos que tudo destroem em sua passagem.

O rio sofre os efeitos de suas épocas de pleitora, com o desmoronamento das barrancas de sua caixa fluvial. A amplitude das enchentes torna precários todos os trabalhos que se projetem de fixação das margens. O entulhamento do alvéolo fluvial se processa com a formação de "coroas" e "baixios" que tornam deficientes as condições de navegabilidade.

Tôda vida agrícola das áreas marginais do São Francisco sofre as limitações provenientes das cheias. Na maior parte de seu curso, enormes áreas planas de aluviões permanecem sem culturas porque essas seriam destruídas pelas enchentes irregulares e imprevisíveis. Em longas extensões, onde o agricultor é obrigado a se aproximar do rio para garantir, às suas plantações, a água

de que necessitam, as culturas denominadas "de vazantes", estão sujeitas a destruição freqüente. "O rio, na enchente, observa *Brajnikov* (2), in vade a planície aluvial por grandes extensões e com certa violência, de maneira que a água, penetrando nos campos irrigados, que são naturalmente situados nas vizinhanças do rio, devido ao processo de irrigação, carrega o solo fracamente constituído, as sementes e a colheita. Além da perda desta, o que já é uma prejuízo enorme, tudo deve ser recomeçado de um ano para outro. Se bem que o serviço de previsão de enchentes seja bem organizado e muito útil ao cidadão, êle é impotente para ajudar ao agricultor, que é obrigado a esperar que sua colheita amadureça; o intervalo de tempo de que dispõe o agricultor para trabalhar, semear e colher é limitado, e a irregularidade das enchentes é suficiente para que a perda total da colheita seja fenômeno muito freqüente".

É natural, por conseguinte, que a exploração agrícola, nas margens do caudal, se tenha estabelecido ou talvez regredido. De estudo feito por *Elza Coelho de Souza* (3), do Conselho Nacional de Geografia, sobre a localização das populações rurais no vale, concluía-se que, em certos trechos, como o que vai de Bom Jesus da Lapa a Barra, se processa um movimento de fuga das margens do rio, em benefício de regiões menos sujeitas às enchentes, que se estendem nas bordas dos chapadões do Oeste, e nos vales dos afluentes da margem esquerda.

As observações que registramos pessoalmente nos levam a considerar a agricultura atual das margens e das ilhas do São Francisco uma aventura permanente, que mal permite saldos para a subsistência precária de uma população heróica.

Alguém já observou que a constância e estoicismo do barranqueiro sanfranciscano devia ser explicado por um fenômeno psicológico coletivo — as vítimas das secas nordestinas, atingindo o rio em seus êxodos periódicos, ficam presas à imagem da água, encontram ali, apesar das catástrofes anuais das cheias, um ambiente melhor do que o das caatingas estorricadas.

Entretanto, quando fôr possível um contróle das enchentes, uma limitação de sua cota máxima de elevação, terão surgido condições altamente satisfatórias para um grande progresso agrícola nas margens do São Francisco.

Muitas das imensas áreas de vazantes que hoje são periodicamente inundadas e que, por isso, só são utilizadas para a criação do gado, que foge das enchentes para os cerrados e caatingas mais

(2) BORIS BRAJNIKOV — "Alguns aspetos geológicos e geográficos do Rio São Francisco" — Anuário Fluviométrico n.º 6 — Divisão de Águas — Rio — 1945.

(3) ELZA COELHO DE SOUZA — "Distribuição das populações rurais na bacia do São Francisco" — Relatório à Comissão do Vale do São Francisco — inédito.

elevados, apresentam características muito favoráveis para uma agricultura estável.

Ainda que nos faltem os estudos pedagógicos que a Comissão vem realizando, podemos presumir que grandes extensões das "vazantes" terão terras agrícolas satisfatórias. Sua posição, com relação ao rio, facilita processos conhecidos de elevação das águas, desde que a crista das enchentes seja eliminada.

No dia em que controlarmos as enchentes do São Francisco, será possível a criação de uma sólida civilização agrícola em suas margens. Antes disso só será possível uma exploração reduzida e precária.

Isto é verdade para toda a extensão do trecho médio navegável, como ainda para o trecho encachoeirado, onde se pretende construir obras de derivação e irrigação. É ainda verdade para o trecho inferior do rio, onde um tipo especial de agricultura se processa nas lagoas formadas pelos transbordamentos do São Francisco. Ali, as enchentes normais formam grandes superfícies alagadas, que vão sendo cultivadas de arroz, em suas vazantes, à medida que as águas do rio descem, produzindo uma grande riqueza para os Estados de Alagoas e Sergipe. Todavia as enchentes excepcionais não controladas, e os "repiquetes" imprevisíveis, ameaçam sempre, de destruição, as culturas, as obras de irrigação e os diques de controle do rio.

Se é claro que o controle das enchentes é imprescindível para o desenvolvimento agrícola das margens do rio, fácil é de se verificar que não é menos essencial para a estabilização da vida urbana o progresso industrial das cidades ribeirinhas.

De fato, todas as cidades do médio e do baixo São Francisco, com exceção de duas ou três, sofrem inundações periódicas que ocasionam enormes prejuízos materiais e afugentam as indústrias e as atividades econômicas mais estáveis.

Verifica-se um dilema curioso. Para que as cidades ribeirinhas possam usufruir as vantagens do tráfego fluvial, para que se reduza o carreto entre o navio e o armazém tendem elas a se aproximarem o mais possível da caixa do rio; para se protegerem contra os transbordamentos das enchentes são atiradas para as terras altas, distantes do caudal. As principais cidades do vale vivem numa posição de compromisso entre estes dois extremos. Toleram os prejuízos das cheias excepcionais e limitam seu desenvolvimento industrial para poderem utilizar economicamente os transportes fluviais.

O controle das enchentes com a eliminação dos excessos que ocasionam os transbordamentos é um objetivo essencial ao progresso das cidades marginais do rio. As obras de abastecimento d'água e de esgotos que vêm sendo programadas serão enormemente facilitadas com a eliminação dos transbordamentos. Especialmente as obras

de saneamento urbano, estarão com sua eficiência condicionada à eliminação das cheias. Da mesma forma, os planos de urbanização dependem em grande parte do controle das enchentes.

Todas essas observações, discutidas em muitas das colaborações especiais dos técnicos da Comissão, e debatida pelos mais lúcidos observadores dos problemas do São Francisco, nos levaram a colocar o problema do controle das enchentes no primeiro plano de nossos estudos.

Estamos convencidos de que, se se deseja presenciar o desenvolvimento de uma rica civilização ribeirinha no São Francisco é indispensável cuidar-se, desde logo, do controle das enchentes. Se hoje já são vultosos os prejuízos que elas ocasionam, muito maior serão quando progredirem as cidades e os campos marginais. A recuperação de toda a região sanfranciscana está condicionada à criação de uma "flood-consciencie" na expressão feliz que encontrou Barrows, para designar, em seu notável livro sobre a hidrologia e o controle das enchentes, o clima de alarme e prevenção, que o vulto crescente dos transbordamentos fluviais, criou no seio das populações que instalam suas cidades e suas indústrias nos vales americanos.

Foi percebendo claramente este problema que programamos as investigações técnicas que deveriam responder às seguintes perguntas: E' possível, economicamente, eliminar a parcela catastrófica das enchentes do São Francisco? Que volume será necessário represar? Onde construir as barragens de controle das enchentes? Por quanto e como construí-las?

Em trabalho de grande rigor científico da equipe de técnicos da Diretoria de Planos e Obras, relatado com segurança pelo Eng^o Mauro Thibau, é esclarecido como, apesar da deficiência manifesta de observações hidrológicas de longos períodos, foi possível investigar-se o problema com margem razoável de segurança.

Determinando o volume d'água que, nas maiores enchentes registradas, passou acima da cota limite de inundação de várias cidades do vale, fixou-se a ordem de grandeza das acumulações a montante que teriam impedido os transbordamentos.

As análises hidrológicas demonstraram que as barragens do controle de enchentes, no São Francisco, não devem localizar-se em pequenos cursos afluentes. Somente em trechos do rio principal ou nos afluentes com vazões normais de águas altas superiores a 1.000 m³/s, as obras de represamento poderiam ter repercussões ponderáveis no vale.

Considerando que tais barragens devem ter múltiplas finalidades, especialmente no que se refere à melhoria do tirante de navegação e à geração de energia elétrica, e que devem beneficiar todo vale médio do São Francisco, a partir de Pirapora, onde os efeitos das enchentes come-

çam a adquirir significado maléfico, era natural que se investigasse sua localização nos rios de montante, de maior responsabilidade nas cheias.

No cartograma anexo, de contribuições unitárias das várias bacias, para a vazão média do São Francisco, e na série de tabelas e gráficos que ilustram o estudo do Eng^o Mauro Thibau e da equipe da Diretoria de Planos e Obras, verifica-se que o grosso das águas do São Francisco provém do Urucuia, do Paracatu, do Rio das Velhas e do próprio São Francisco, acima de Pirapora. Entretanto, somente o Paracatu e o próprio São Francisco apresentam descargas normais de águas altas superiores a 1000 m³/s. Por isto foram esses dois rios estudados em detalhe, tendo-se verificado que o Paracatu não apresenta seções favoráveis para barragens de armazenamento das proporções necessárias.

Investigado o rio São Francisco entre Pirapora e Barra do Paraopeba, foram encontradas várias situações favoráveis para represamentos, selecionando-se dentre elas, o local da Cachoeira das Três Marias e desenvolvendo-se as investigações de campo e gabinete que iriam caracterizar o projeto e permitir avaliar o cubo econômico de represamento.

Os estudos das ondas de enchentes indicaram que um represamento de 7 a 8 bilhões de metros cúbicos, a montante de Pirapora seria um objetivo razoável a ser perseguido na primeira fase de regularização do São Francisco. Dizemos primeira fase, pensando no período dos 15 anos que restam para execução do Plano Constitucional do São Francisco, porque estamos certos que outros represamentos se farão, no futuro, no alto São Francisco, porquanto as necessidades de captação de potenciais elétricos da região central de Minas Gerais conduzem a construção de reservatórios de acumulação, que beneficiarão o regime do São Francisco.

Os resultados de represamentos dessa grandeza — 7 a 8 bilhões de metros cúbicos — representam ponderável proteção das cidades ribeirinhas. Todas elas, com exceção de Paratinga e Joazeiro, ficarão livres das enchentes semelhantes as mais graves que serviram para nosso estudo. Essas duas cidades exigirão trabalhos locais de proteção, cujo vulto, entretanto, ficará reduzido. Por outro lado, eles trarão ponderável aumento do tirante de navegação, permitindo ainda a captação de grande potencial elétrico, como mostraremos em outro capítulo.

Pois bem, os elementos de campo e gabinete que conseguimos reunir demonstram que na Cachoeira das Três Marias se pode construir uma barragem de proporções razoáveis cujo armazenamento útil deverá oscilar entre 5 a 7 bilhões de metros cúbicos. O mínimo de 5 é garantido, apesar de não possuímos senão uma restituição aerofotogramétrica não controlada da bacia de acumulação. O cubo definitivo deverá ser fixado pelo confronto econômico de várias soluções, depois

de completados os levantamentos topográficos de detalhe da superfície do reservatório.

O segundo grande reservatório em perspectiva é o do Fêcho do Funil. Esta obra, projetada pelo Governo do Estado de Minas Gerais com a finalidade principal de geração de eletricidade, oferecerá um armazenamento útil de 1 bilhão de metros cúbicos.

A terceira obra, em fase inicial de construção, pelo Governo de Minas Gerais, é um reservatório de acumulação, à montante da usina do Gafanhoto, em Cajuru, que deverá contribuir para a regularização do São Francisco com um armazenamento de 500 milhões de metros cúbicos.

Na usina do Jequitai, que vem sendo estudada pela Comissão do Vale do São Francisco com a finalidade principal de captação de energia para a região de Pirapora — Bocaiúva, prevê-se um reservatório de 200 milhões de metros cúbicos.

Na usina de Florestal, projetada pela Cia. Fôrça e Luz de Minas Gerais, à jusante do Fêcho do Funil, deverá fazer-se um armazenamento útil de 150 milhões de metros cúbicos.

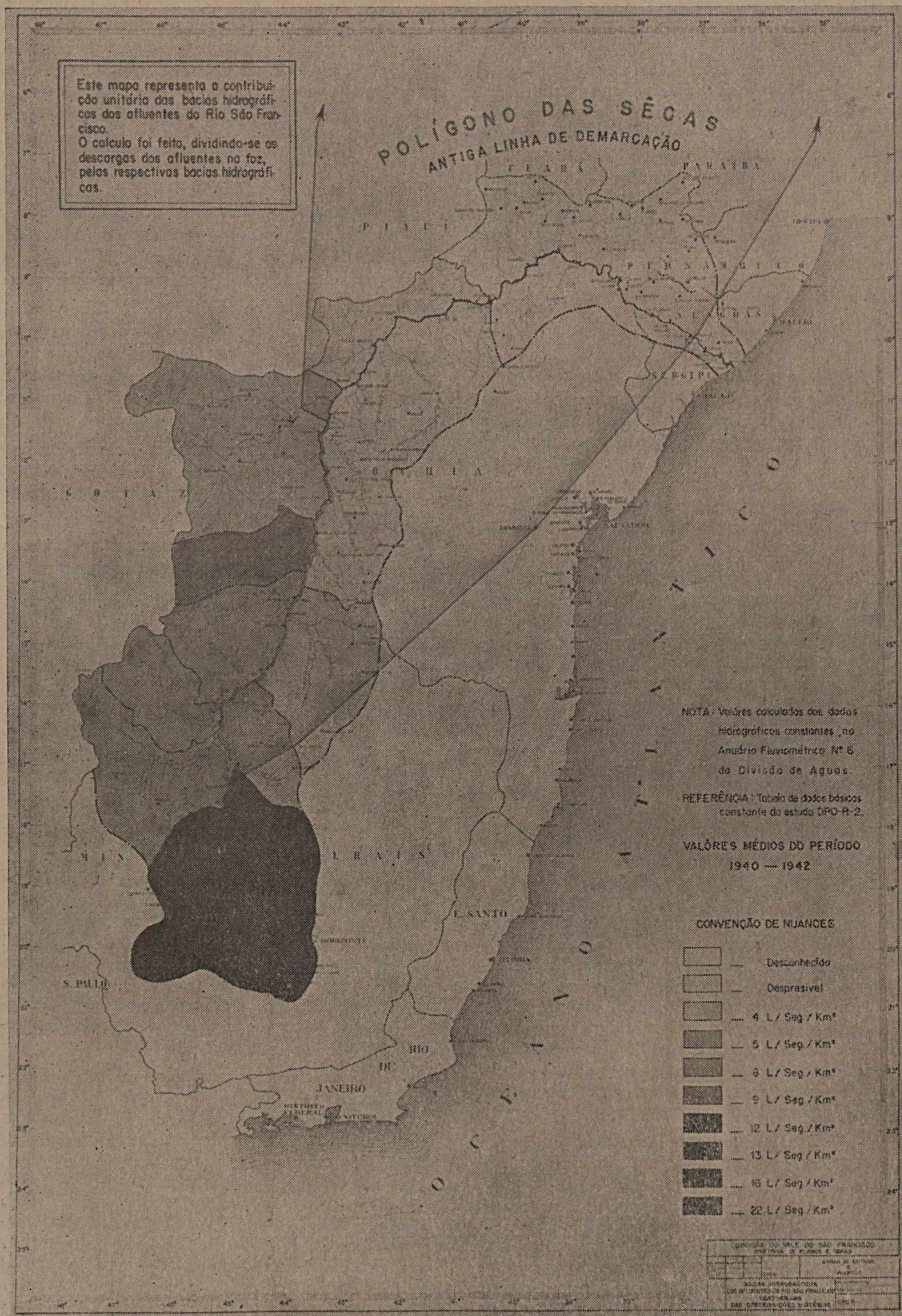
Em resumo, os armazenamentos considerados de início terão os seguintes volumes :

	m ³
Três Marias	5.000.000.000
Fêcho do Funil	1.000.000.000
Cajuru	500.000.000
Jequitai	200.000.000
Florestal	150.000.000
Soma	6.850.000.000

Outras barragens menores, de finalidade hidrelétrica, que se constroem em Minas, aumentarão ligeiramente este total.

Considerando que os cubos indicados acima se referem à fase em que os reservatórios serão operados com a finalidade de produção de sua capacidade energética final, e que, na fase inicial de trabalho de suas usinas elétricas, as demandas de energia serão menores do que sua capacidade instalada, verifica-se que os reservatórios estudados garantirão uma percentagem elevada de proteção contra as enchentes.

Outros estudos a que tem procedido a Comissão do Vale do São Francisco indicaram a conveniência de se construírem três reservatórios de altura média no rio das Velhas, visando principalmente criar condições que permitam, no futuro, a extensão de navegação do trecho médio do São Francisco, pelo rio das Velhas, até próximo à região industrial de Belo-Horizonte. Esses reservatórios (Raul Soares, Baldim e Jequitibá) contribuirão com um cubo global de 600 milhões de metros cúbicos, para o controle de enchentes. Sua construção dependerá entretanto de recursos ainda não disponíveis.



Este mapa representa a contribuição unitária das bacias hidrográficas dos afluentes do Rio São Francisco. O cálculo foi feito, dividindo-se as descargas dos afluentes na foz, pelas respectivas bacias hidrográficas.

POLÍGONO DAS SÊCAS
ANTIGA LINHA DE DEMARCAÇÃO

NOTA: Valores calculados dos dados hidrográficos constantes no Anuário Fluviométrico N° 6 da Divisão de Águas.

REFERÊNCIA: Tabela de dados básicos constante do estudo DPO-R-2.

VALORES MÉDIOS DO PERÍODO 1940 — 1942

CONVENÇÃO DE NUANCES

[White box]	Desconhecido
[Lightest gray box]	Desprezível
[Light gray box]	4 L / Seg / Km ²
[Medium-light gray box]	5 L / Seg / Km ²
[Medium gray box]	6 L / Seg / Km ²
[Medium-dark gray box]	9 L / Seg / Km ²
[Dark gray box]	12 L / Seg / Km ²
[Very dark gray box]	13 L / Seg / Km ²
[Darkest gray box]	16 L / Seg / Km ²
[Black box]	22 L / Seg / Km ²

Contribuição por Vale do Rio São Francisco			
por Estado e por Município			
		Estado de Minas	
		Município de ...	
		Município de ...	
		Município de ...	
		Município de ...	
SÉRIAS INTERMEDIÁRIAS			
COM ATRIBUIÇÃO DO RIO SÃO FRANCISCO			
EM 1942			
EM UNIDADES DE ...			

Em conclusão, para se obter um controle inicial satisfatório das enchentes do São Francisco, deve a Comissão do Vale do São Francisco auxiliar o Governo de Minas Gerais na construção dos reservatórios do *Fêcho do Funil e de Cajuru*, e deve construir diretamente os reservatórios das *Três Marias e Jequitai*.

No futuro, deverá construir as barragens do rio das Velhas e auxiliar as iniciativas privadas que se proponham edificar reservatórios de certa importância na bacia superior do rio.

A construção do reservatório do *Boqueirão do Rio Grande*, que vem sendo investigada pela Comissão do Vale do São Francisco, tem menor significação para o problema de controle das enchentes do que as indicadas anteriormente, porque o rio Grande desemboca no São Francisco abaixo de grande extensão de seu curso a ser protegida.

Além disso o rio Grande tem um regime bastante regularizado, de modo que a barragem do Boqueirão, apesar de seu enorme volume de acumulação, influirá, percentualmente pouco nas enchentes do São Francisco, em cerca de 6%, apenas, na crista das enchentes, segundo os cálculos do Eng^o Machado da Costa. Essa obra deve ser considerada em função de suas outras finalidades.

A construção dos reservatórios indicados, representará uma etapa decisiva do problema de domínio e utilização da água do São Francisco. Outros se sucederão fatalmente, quando o vale e suas cabeceiras se desenvolverem. Se, nos próximos 15 anos, formos capazes de armazenar cerca de 7 bilhões de metros cúbicos d'água, nos 15 anos seguintes, poderemos tornar o São Francisco um rio completamente dominado para servir ao Brasil.