

- Casa de Força da Usina de Acaray
Nível de Inundação = 128,50 m
- Vazão Máxima em R-11
51 000 m³/s (somatório das defluências de Itaipu e contribuições do Iguaçu, Acaray e Monday)

A ELETROBRAS, através do CNOS, passou, então, a exercer um contínuo monitoramento das vazões e níveis nas bacias dos rios Iguaçu e Paraná, em especial em R-11 e usina Acaray, em estreito e permanente contato entre as empresas ITAIPU, COPEL e ELETROSUL. Durante toda a noite do dia 29 e ao longo do dia 30, diversas manobras operativas foram efetuadas para salvaguardar as restrições, nas quais destacam-se:

- fechamento do vertedor da usina de São Simão, no rio Paranaíba;
- redução da geração da usina de Itumbiara;
- fechamento do vertedor da usina de Capivara, no rio Paranapanema;
- monitoramento contínuo das linhas de transmissão da região Sul em função dos problemas decorrentes das condições meteorológicas críticas;
- aumento das defluências em Itaipu;
- acompanhamento das vazões e níveis nas seções ao longo do rio Iguaçu (União da Vitória, Foz do Areia, Segredo, S. Santiago, S. Osório e Porto Capanema); do rio Paraná (Jupia, Itaipu, usina Acaray) e dos principais afluentes a montante (Paranapanema, Capivara, Ivaí e Piquiri) e jusante (Monday = R-11);

Tais medidas tiveram como um dos objetivos principais a redução do armazenamento do reservatório de Itaipu, enquanto ocorria a propagação do pico da cheia na calha do rio Iguaçu. A medida em que a frente da cheia se aproximava da foz do rio Iguaçu, efetuar-se-ia a redução das defluências de Itaipu para respeitar a soma total das vazões em R-11.

Com o monitoramento contínuo das informações nas diversas bacias foi possível reduzir as afluições em R-11, cujo valor máximo observado foi de 50.339 m³/s, às 3 horas do dia 31.05, resultante da liberação controlada de 20.939 m³/s em Itaipu somada às contribuições incrementais e à vazão do rio Iguaçu. O Anexo 6 ilustra a evolução das vazões e níveis em Itaipu e nos rios Iguaçu, Paraná e Monday durante o período crítico da cheia.

5.3 Considerações Finais

O problema do controle de cheias em um sistema de reservatórios é uma questão tecnicamente complexa. Os bons resultados hoje colhidos só são possíveis porque ao longo dos últimos quinze anos o setor elétrico brasileiro se preparou para atender a esse desafio. Na maioria das

empresas concessionárias, foram formadas e treinadas equipes técnicas especializadas em hidrologia operacional, capazes de absorver os mais recentes avanços técnicos e desenvolver metodologias de controle de cheias voltadas para as características específicas do sistema brasileiro. Nesse sentido, cabe ressaltar o papel das equipes técnicas da ELETROBRAS e do CEPEL como propulsoras desse desenvolvimento.

Deve ser destacado o papel desempenhado pelo sistema de reservatórios da bacia do rio Paraná para a mitigação dos efeitos de inundações. Como foi mostrado, as regras operativas dos aproveitamentos foram aperfeiçoadas visando não apenas a geração de energia, mas também o controle de enchentes, acarretando benefícios sócio-econômicos para toda a bacia, inclusive com reflexos favoráveis para os países ribeirinhos a jusante, como no caso do evento da cheia na bacia do rio Paraná, a montante de Jupiá, em janeiro/fevereiro de 1992 e do rio Iguaçu, em maio/junho do mesmo ano.

Julgamos importante citar algumas questões técnicas que o setor elétrico precisará desenvolver e/ou aprimorar, pois, direta ou indiretamente, são fundamentais para os estudos de controle de cheias.

- Estudos hidrológicos para disponibilização de séries diárias de melhor qualidade;
- Estudo de medidas para melhoria do controle hidráulico dos aproveitamentos hidroelétricos;
- Previsão meteorológica;
- Previsão de vazões;
- Mapeamento das áreas inundáveis, com os riscos associados e sua ocupação sócio-econômica

Um outro aspecto importante a ser destacado é de que a implantação das medidas de prevenção de cheias acabam incentivando a ocupação de áreas inundáveis. Tendo em vista este fato, tem-se observado uma tendência mundial de se dar um maior destaque às chamadas "medidas não estruturais", tais como: regulamentação do uso do solo; seguro contra inundações; previsões de enchentes com sistemas de alerta; campanhas de esclarecimento às populações sobre as áreas sujeitas a inundações

No entanto, a proposição e implementação destas "medidas não estruturais", que poderiam trazer um benefício global para a sociedade, extrapolam o papel institucional do setor elétrico.

A necessária articulação entre os diferentes setores usuários deverá ser facilitada num futuro próximo com a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH, atualmente em discussão no âmbito do Congresso Nacional. A criação de um fórum amplo e específico para a discussão do uso múltiplo dos recursos hídricos permitirá uma análise abrangente dos aspectos técnicos e institucionais dessa questão

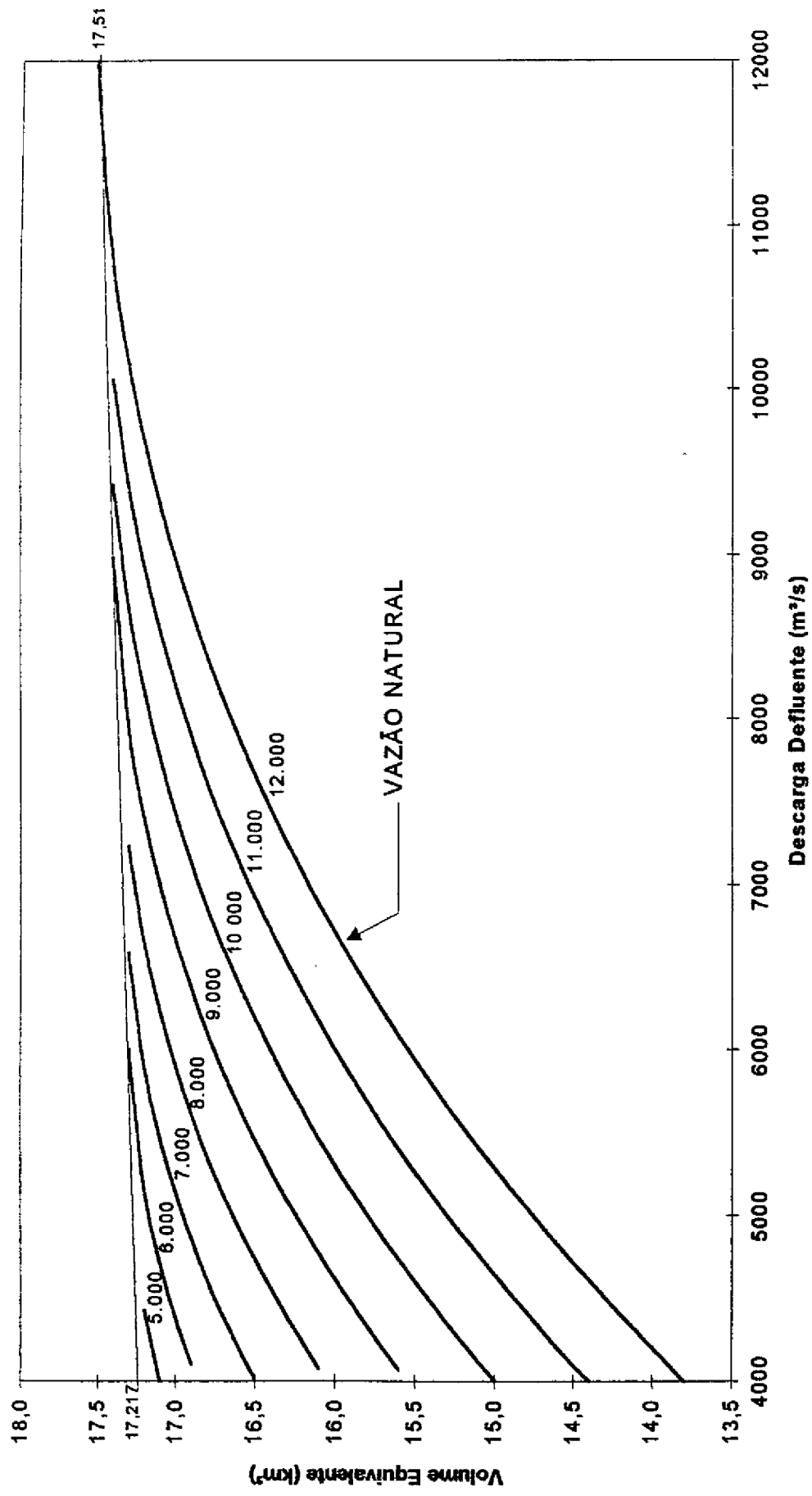
A ELETROBRAS tem procurado estudar as questões metodológicas do rateio de custos em obras de usos múltiplos e as técnicas de análise multi-objetivo em recursos hídricos. Essas atividades vem sendo desenvolvidas através de contratos com centros especializados em pesquisas em recursos hídricos, como por exemplo, o projeto de Usos Múltiplos de Recursos Hídricos realizado em conjunto com o Centro Tecnológico de Hidráulica da Universidade de São Paulo. Atualmente estão em andamento junto com o CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica um projeto para o aprimoramento das metodologias de controle de cheias, e outro relativo às considerações de usos múltiplos já na fase de inventário do potencial hidroelétrico de bacias hidrográficas

Através do domínio das técnicas mais atualizadas e do perfeito equacionamento das questões político-institucionais relacionadas ao uso múltiplo de recursos hídricos, o setor elétrico poderá cumprir com sua parte, assegurando a qualidade das medidas operativas de gerenciamento de seu sistema de reservatórios e contribuindo para que ocorra um desenvolvimento econômico e social do país em harmonia com o meio ambiente.

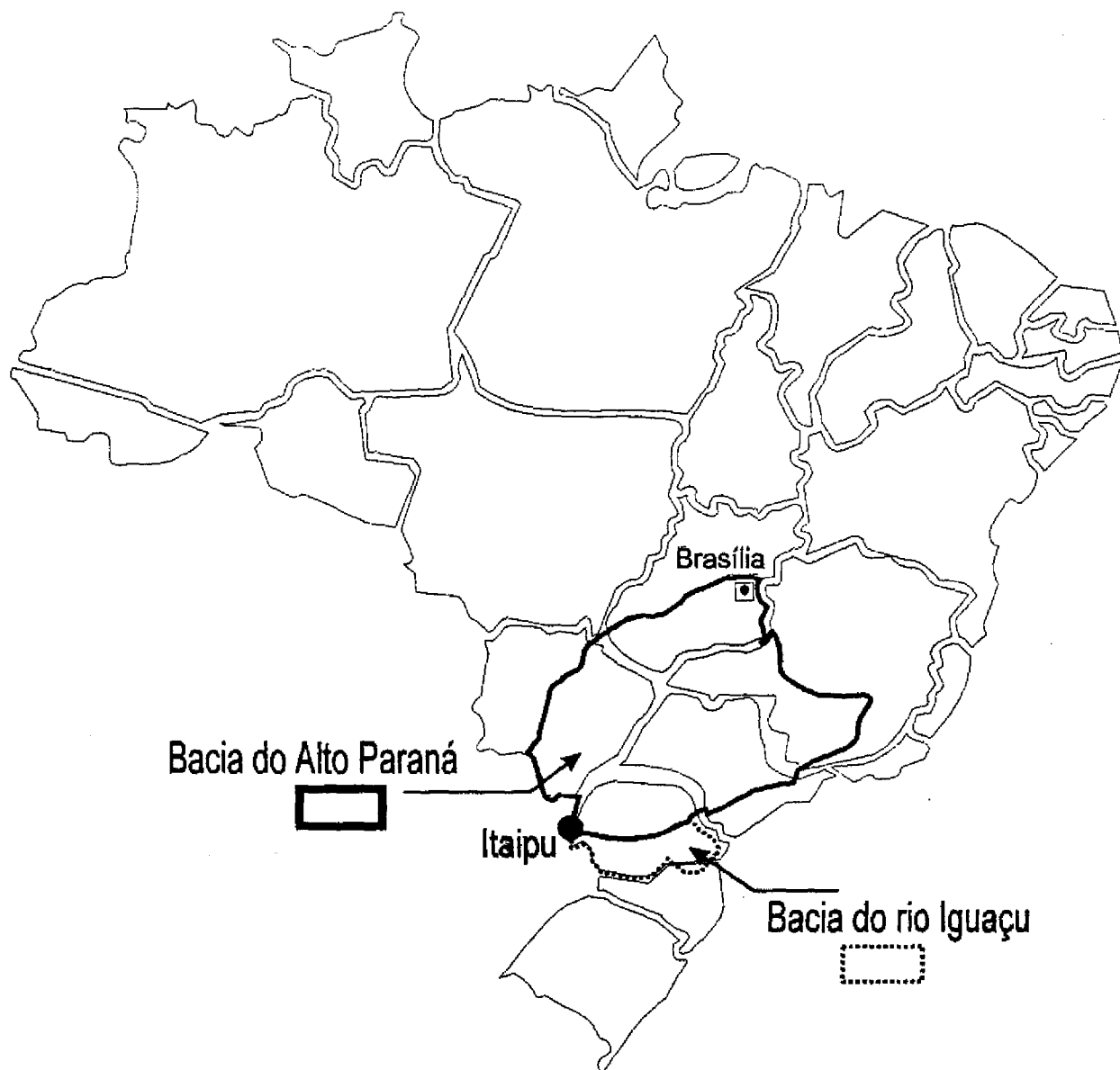
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRETTO, L.A.L, LOPES, A.L., GONTIJO, E.A., MING, L., KONISHI, S. (1979), "*Regras de Operação de Reservatórios para Controle de Cheias*", V Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Grupo I, GPH, Recife, PE, Brasil.
- BEARD, L.R., (1963), "*Flood Control Operation of Reservoir*", Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Volume 89, Proc. Paper 3380, pages 8-10, 21-23.
- BEARD, L.R., (1977), *Review of Flood Control Studies for Rio Grande, relatório de consultoria para a ELETROBRAS*, Rio de Janeiro, dezembro.
- CECCA, (1977), *Determinação de Volumes para Controle de Cheias nos Reservatórios da Bacia do Rio Grande*, Subcomitê de Estudos Energéticos, Grupo Coordenador para a Operação Interligada, ELETROBRAS, Rio de Janeiro.
- DAMAZIO, J.M, (1989), *Condições de Controlabilidade de Sistemas de Reservatórios para Controle de Cheias e seu Uso na Operação com Múltiplos Usos*, Relatório Técnico, CEPEL Nº 036/89, Rio de Janeiro.
- ELETROBRAS, (1987), *Guia para o Cálculo de Cheia de Projeto de Vertedor*, Rio de Janeiro.
- GTEH, (1986), *Modelo Cheia - Manual de Apresentação do Modelo de Simulação da Operação Hidráulica para o Controle de Cheias em um Sistema de Reservatórios*, Subcomitê de Estudos Energéticos, Grupo Coordenador para Operação Interligada, ELETROBRAS, Rio de Janeiro
- GTHO, (1995), *III Encontro Técnico de Hidrologia Operacional - Relatório Final*, Subcomitê de Estudos Energéticos, Grupo Coordenador para Operação Interligada, ELETROBRAS, Rio de Janeiro.
- GTHO, (1995), *Prevenção de Cheias nos Aproveitamentos Hidrelétricos dos Sistemas Interligados Brasileiros - 1995/1996*, Subcomitê de Estudos Energéticos, Grupo Coordenador para Operação Interligada, ELETROBRAS, Rio de Janeiro.
- KELMAN, J , (1986), *Stochastic Modeling of Hydrologic Intermitent Processes*, Colorado State University Fort Collins, Colorado Hydrology Paper Nº 89, 1976.
- KELMAN, J., (1987), *Cheias e Aproveitamentos Hidrelétricos*, ABRH, RBE, Rio de Janeiro.
- KITE, G.W., (1977), *Frequency and Risk Analyses in Hidrology*, Fort Collins, Colorado
- MARIEN, J.L., (1984), "*Controllability Conditions for Reservoir Flood Control Systems With Applications*", Walter Resources Research, vol 20(11)

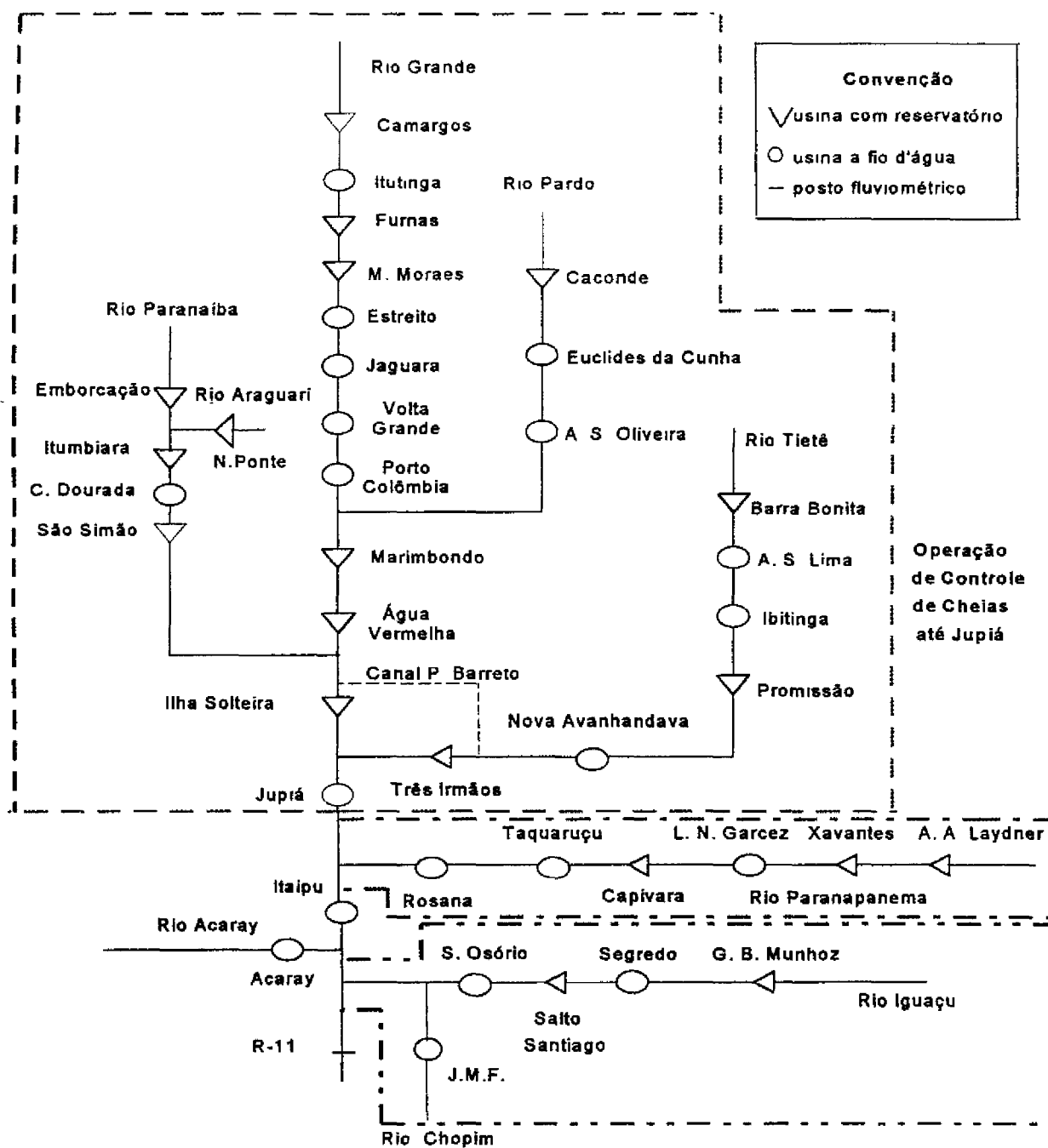
- MING, L., BARRETTO, L.A.L., LOPES A.L., GONTIJO, E.A., KONISHI, S., (1979), "*Prevenção de Cheias em Reservatórios do Sistema Interligado*", V Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Grupo I, GPH, Recife, PE, Brasil.
- NERC, (1975), *Flood Studies Report*, Natural Environment Research Council, London.
- ROCHA, V.F., DAMAZIO, J.M., KELMAN, J.,(1993), *Modelo de Programação da Operação de Controle de Cheias com Utilização das Condições de Controlabilidade*, X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Gramado, RS, Brasil
- SIESE, (1994), *Boletim Trimestral - Síntese 1994, Sistema de Informações Empresariais do Setor de Energia Elétrica*, MME - DNAEE - ELETROBRAS.
- U.S. ARMY, (1959), *Reservoir Regulation*, U.S. Army, Corps of Engineers, May, pages 13-15.
- USWRC, (1977), *Guidelines for Determining Flood Flow Frequency*, United States Water Resources Council, Washington.
- VIEIRA, A M , SALES, P.R.H , BARRETTO, L.A.L., (1986). "*The Brazilian Electric Sector Experience in Flood Control*", Proc of the Internation Symposium on Flood Frequency and Risk Analyses, Lousiana States University, Baton Rouge, U.S.A., pages 409-418.



Anexo 1 - Diagrama de Operação em Emergência - Reservatório de Furnas

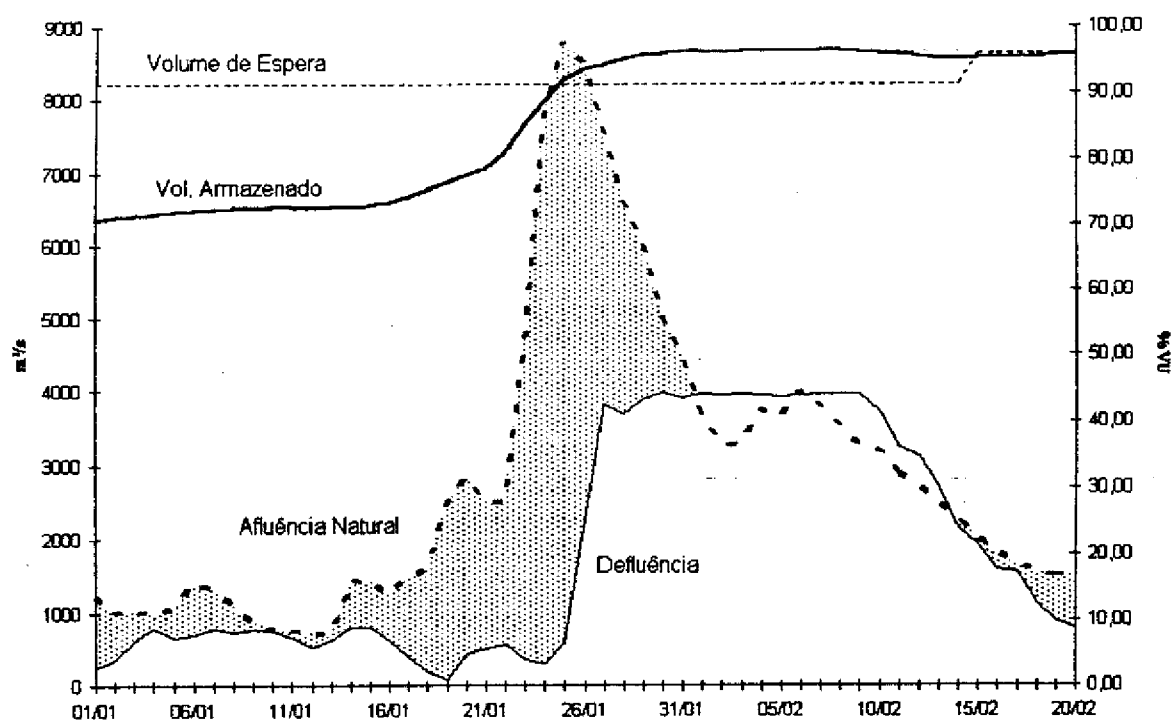


Anexo 2 - Localização das Bacias do Rio Paraná e Iguaçu no Brasil

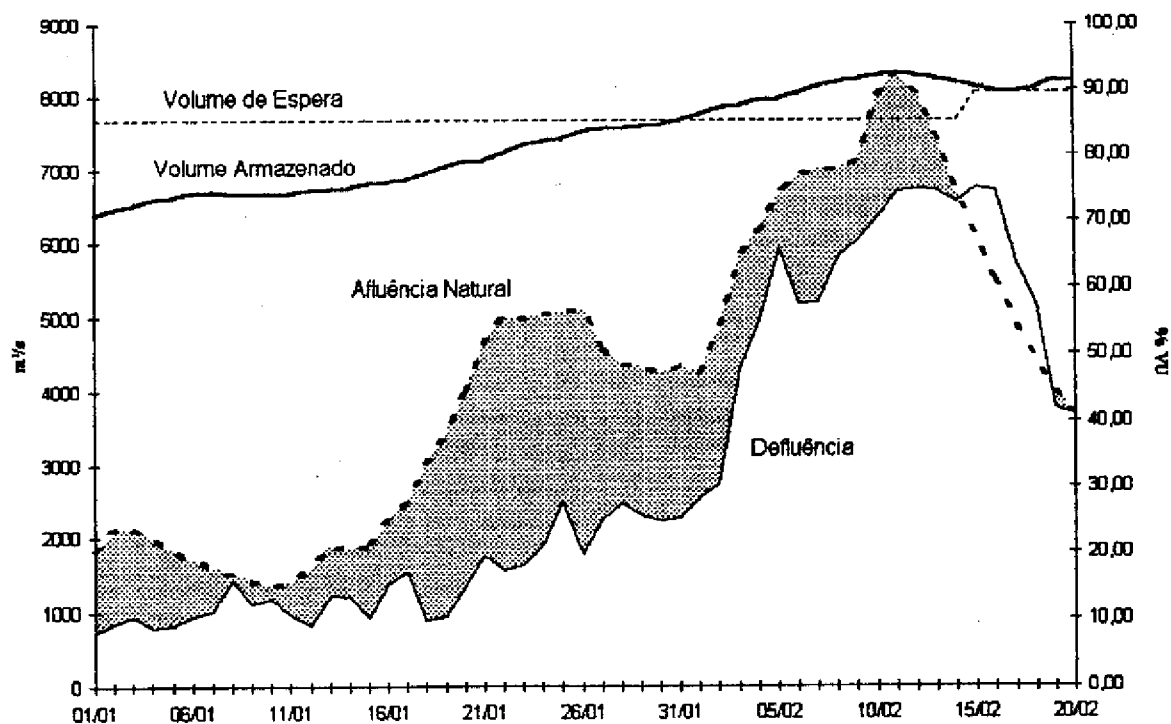


Anexo 3 - Diagrama Esquemático dos Aproveitamentos Localizados na Bacia do rio Paraná

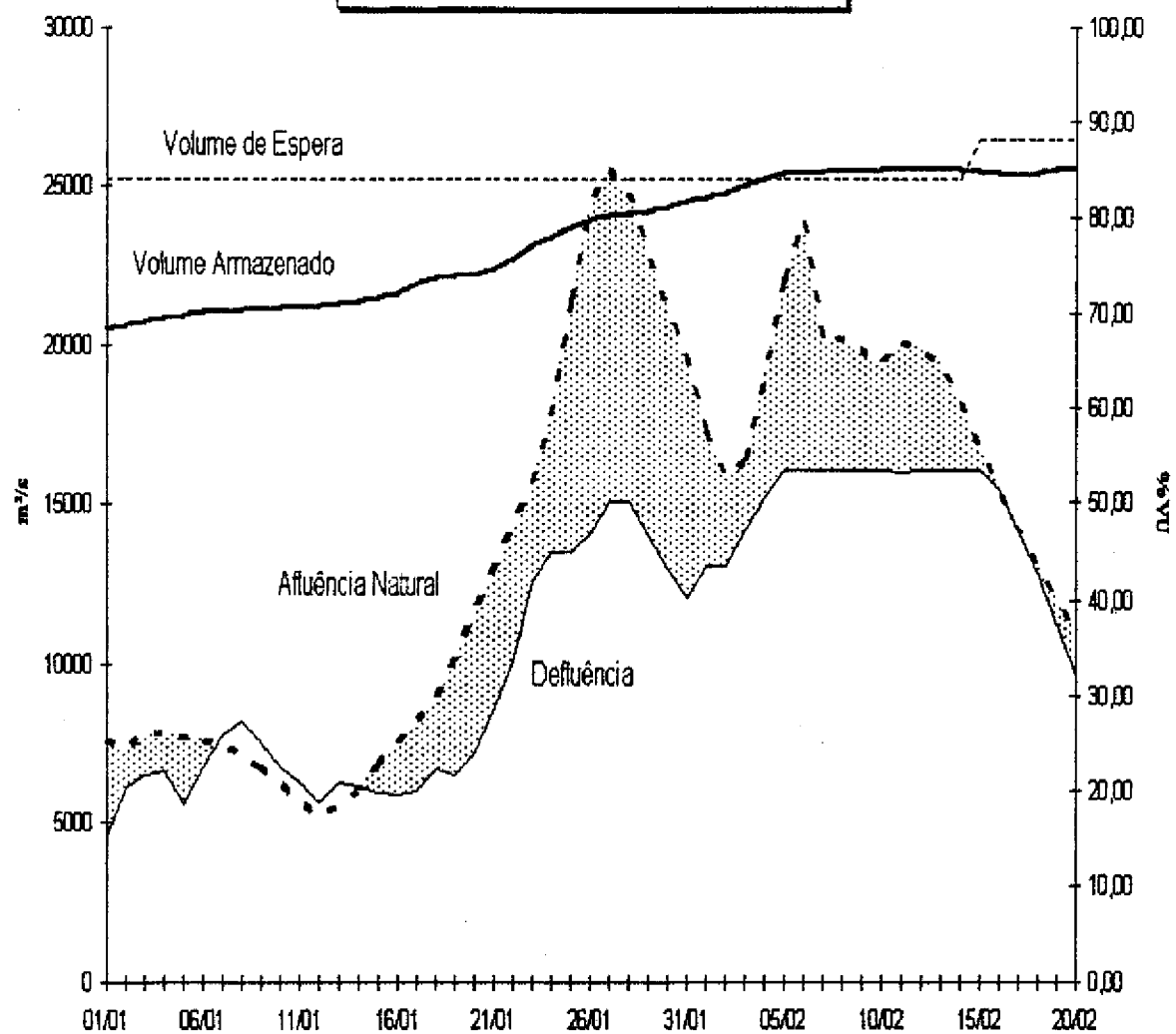
RESERVATÓRIO DE FURNAS



RESERVATÓRIO DE ITUMBIARA

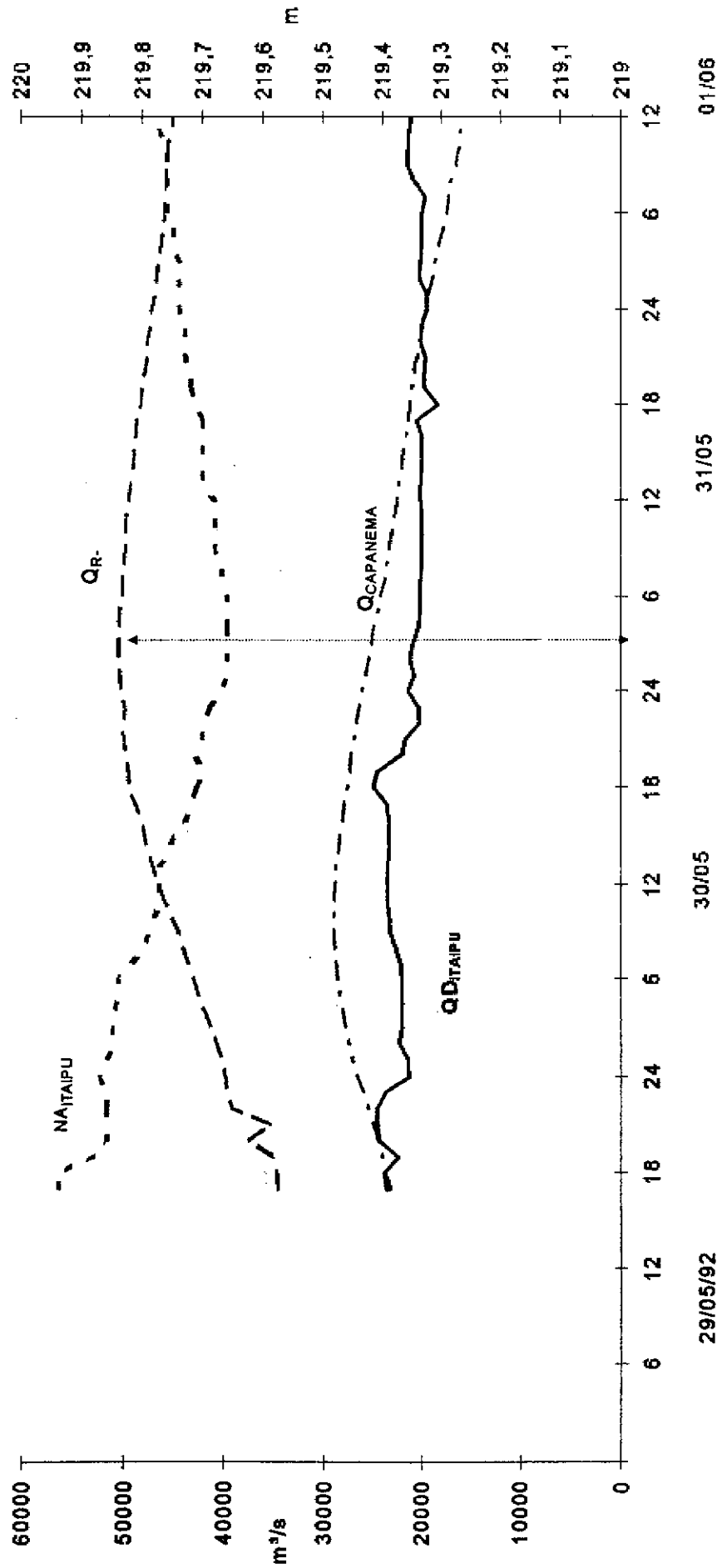


**RESERVATÓRIO EQUIVALENTE
BACIA DO RIO PARANÁ ATÉ JUPIÁ**



**Anexo 5 - Operação do Sistema de Reservatórios até Jupiá no período
01/01/92 a 20/02/92**

CONFLUÊNCIA PARANÁ-IGUAÇU



Anexo 6 - Operação Hidráulica do Reservatório de Itaipu e Vazões Observadas na Confluência Paraná-Iguaçu período 29/05/92 a 01/06/92

Anexo 4.3/Appendix 4.3

THE MISSISSIPPI BASIN FLOOD OF 1993

by
Gerald E. Galloway, Jr. P.E., Ph.D.

EXECUTIVE SUMMARY

The Midwest Flood of 1993 was a significant hydrometeorological event. In some areas it represented an unusual event; in most others, however, it was just another of the many that have been seen before and will be seen again. Flood flows similar to those experienced by most of the Midwest can occur at any time. Flood damages are a national problem.

Excessive rainfall, which produced standing water, saturated soils, and overland flow, caused major damages to upland agriculture and some communities. In turn, runoff from this rainfall created, throughout the basin, flood events that became a part of the nation's 1993 TV experience. Damages overall were extensive: between \$12 billion and \$16 billion that can be counted, and a large amount in unquantifiable impacts on the health and well-being of the population of the Midwest. Over half of the damages sustained were agricultural damages to crops, livestock, fields, levees, farm buildings, and equipment. The remaining damages were primarily to residences, businesses, public facilities, and transportation. Much of the agricultural damage occurred in upland areas as the result of wet fields and a short growing season rather than inundation by floodwaters. Similarly a portion of residential and business damages was caused by basement flooding due to high groundwater and sewer back-up in areas outside the floodplain.

Rivers and river valleys historically have been major transportation routes, particularly in the area impacted by the 1993 flood. In the Midwest, transcontinental railroads, interstate highways, and other road systems either follow river valleys or cross them. As a result, physical damages to transportation systems created a significant percentage of total flood damages. In addition to direct damages, indirect costs accrued when transportation routes were inundated by floodwaters, and traffic was halted or detoured.

Human activities in the floodplains of the Midwest over the last three centuries placed people and property at risk. Local and federal flood damage reduction projects were constructed to minimize the annual risk, and, during the 1993 flood, prevented nearly \$20 billion in damages. Some of these programs, however, attracted people to high risk areas and created greater exposure to future damages. In addition, flood control, navigation, and agricultural activities reduced available floodplain habitat and compromised natural functions upon which fish and wildlife rely.

Over the last 30 years the nation has relied heavily in the Midwest on a strategy of construction of levees and detention reservoirs to protect those at risk. It has, however, learned that multi-approach floodplain management can reduce vulnerability to damages and create a balance among natural and human uses of floodplains and their related watersheds to meet both social and environmental goals. The nation, however, has not taken full advantage of this knowledge. The United States simply has lacked the focus and the incentive to engage itself seriously in floodplain management. The 1993 flood focused attention on the floodplain.

A White House based Interagency Floodplain Management Review Committee investigated the causes of the 1993 flood and the nation's program for floodplain management. It proposed that all levels of government, all businesses and all citizens should have a stake in properly managing the floodplain, and that those who support risky behavior, either directly or

indirectly, must share in floodplain management and in the costs of reducing that risk. It noted that the federal government can lead by example; but state and local governments must manage their own floodplains. Individual citizens must adjust their actions to the risk they face and bear a greater share of the economic costs.

The Review Committee proposed a floodplain management strategy of, sequentially, avoiding inappropriate use of the floodplain, minimizing vulnerability to damage through both structural and nonstructural means, and mitigating flood damages when they do occur. By controlling runoff, managing ecosystems for all their benefits, planning the use of the land and identifying those areas at risk, many hazards can be avoided. Where the risk cannot be avoided, damage minimization approaches, such as elevation and relocation of buildings or construction of reservoirs or flood protection structures, are used only when they can be integrated into a systems approach to flood damage reduction in the basin. When floods occur, impacts on individuals and communities can be mitigated with a flood insurance program that is funded by those who are protected.

To ensure a long-term, nationwide approach to floodplain management, the Review Committee proposes legislation to develop and fund a national Floodplain Management Program with principal responsibility and accountability at the state level. It also proposed issuance of a Presidential Executive Order requiring federal agencies to follow floodplain management principles in the execution of their programs.

The upper Mississippi River Basin included both individually authorized federal flood damage reduction projects and levees built by local groups and individuals. This pattern of development is unique and requires a unique approach. The Review Committee proposed a plan for integrated management of the water resources of the basin.

INTRODUCTION

Throughout the Summer and Fall of 1993, the people throughout the world with access to the Cable News [television] Network (CNN) were shown scenes of the devastation wrought on the Midwestern part of the United States by what became known as the Great Mississippi Flood of 1993. Since the early days of the 20th century, the Nation had labored to reduce the vulnerability of its people to flood damages and yet this flood had destroyed tens of thousands of homes, flooded hundreds of thousands of acres of prime farmland and had disrupted the economic and social fabric of several million people. National leaders as well as private citizens not only raised questions about how such flood damages occurred, but demanded to know what should be done to prevent recurrences of these damages.

This paper discusses the 1993 flood in terms of its extent and its impacts on the effected region and its populace. It is based on and extracts from the report a White House based Interagency Floodplain Management Review Committee that investigated the causes of the 1993 flood and the management of floodplains both in the Mississippi basin and nationwide.¹

1. The Flood of 1993

1.1 The Upper Mississippi River Basin

The Mississippi and its tributaries have played a major role in the United States history. Their existence was critical to the growth of the Midwest region and fostered the development of major cities and a transportation network linking the region to the rest of the world. The floodplains of these rivers provided some of the most productive farmland in the country. They today offer diverse recreational opportunities and contain important ecological systems.

The Mississippi River basin stretches from the eastern slopes of the Rocky mountains in Montana to the western reaches of New York state (Figure 1). It drains all or parts of 32 states and 2 Canadian provinces covering 1.25 million square miles or 41 percent of the contiguous land area of the United States. The upper Mississippi River Basin (Figure 2) begins at the confluence of the Ohio and Mississippi Rivers and encompasses 714,00 square miles in 9 states, over 57 percent of the total basin. From its source at Lake Itasca, Minnesota, the Mississippi River courses a distance of 1366 miles. Its principal tributary, the Missouri River runs for over 2466 miles and drains 529,00 square miles above its mouth near St. Louis, Missouri. While the upper Mississippi flow is essentially unregulated except for the minimal controls need to operate locks and dams for navigation, flow on the Missouri is controlled by six large dams on the upper section of the river.

Land use in the region is predominantly for agriculture although there are clusters of industry in and near major cities and adjacent to many smaller communities. The areas 208 million cropland acres represent nearly 32 percent of United States farm acreage. In the floodplain of the upper Mississippi and Missouri, the same development patterns prevail with over 60 percent of the land (7 million acres) devoted to agriculture. Most major population centers in the region (except for Chicago) are located along the Mississippi and Missouri Rivers and their tributaries. Flood vulnerable sections of major urban areas, for the most part, have been protected by levees and/or reductions in flood stages brought about by upstream impoundments.