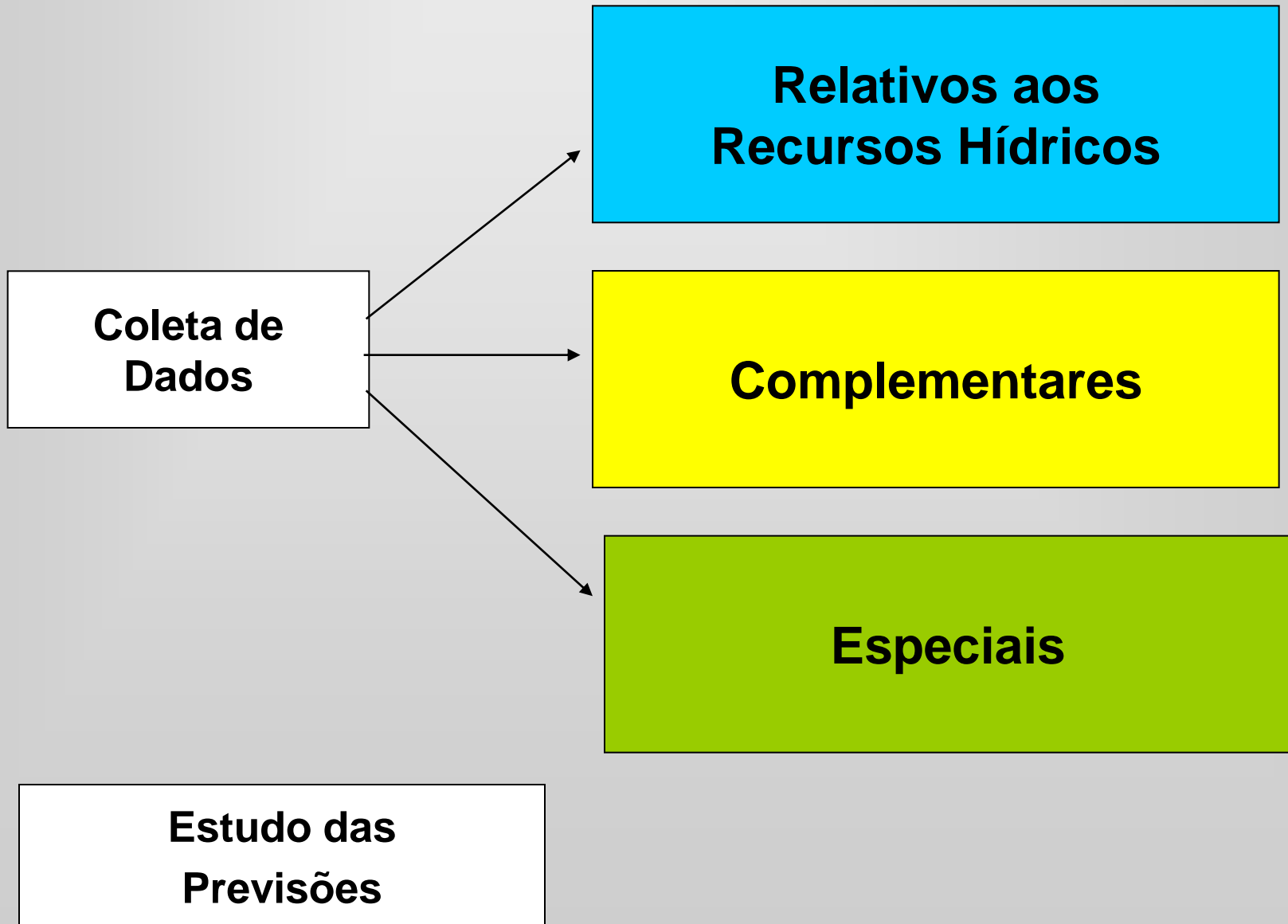


OBRAS HIDRÁULICAS

BARRAGEM

PLANEJAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS



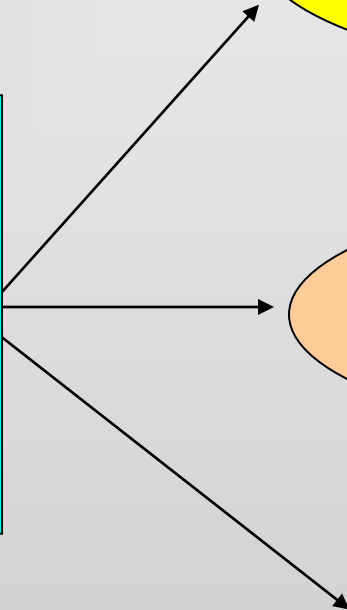
COLETA DE DADOS

**RECURSOS
HÍDRICOS**

Hidrologia

Geologia

Cartografia



COLETA DE DADOS

Hidrologia



```
graph TD; A([Hidrologia]) --> B([Série Histórica de Dados]); A --> C([Regionalização Hidrológica]); B --> D[Disponibilidade Hídrica]; C --> D;
```

**Série Histórica de
Dados**

**Regionalização
Hidrológica**

Disponibilidade Hídrica

COLETA DE DADOS

**Regionalização
Hidrológica**

```
graph TD; A([Regionalização Hidrológica]) --> B[Cursos d'água e bacias pequenas (sem série histórica de dados)]; B --> C[SP ⇒ SIGRH];
```

**Cursos d'água e bacias pequenas
(sem série histórica de dados)**

SP ⇒ SIGRH

Regionalização Hidrológica do Estado de São Paulo

Dados de entrada:

Área da bacia hidrográfica (km ²):	100
Longitude do Meridiano Central:	51

Coordenadas Geográficas:

Latitude:	21	0	0
Longitude:	51	0	0

Resultados

Precipitação anual média (mm):	1200,8
Região hidrológica:	T
Região hidrológica (parâmetro C):	Y
Latitude:	21° 00' 00"
Longitude:	51° 00' 00"
Norte (m):	7677844,342
Este (m):	500000,000

Resultado 1: Vazão média de longo termo

Vazão média plurianual (m^3/s):

0,715

Resultado 3: Volume de regularização

Volume necessário para se regularizar "Qf" com risco "R (%)" de probabilidade de não atendimento em um ano qualquer ($10^6 m^3$):

Vazão firme "Qf" (m^3/s):

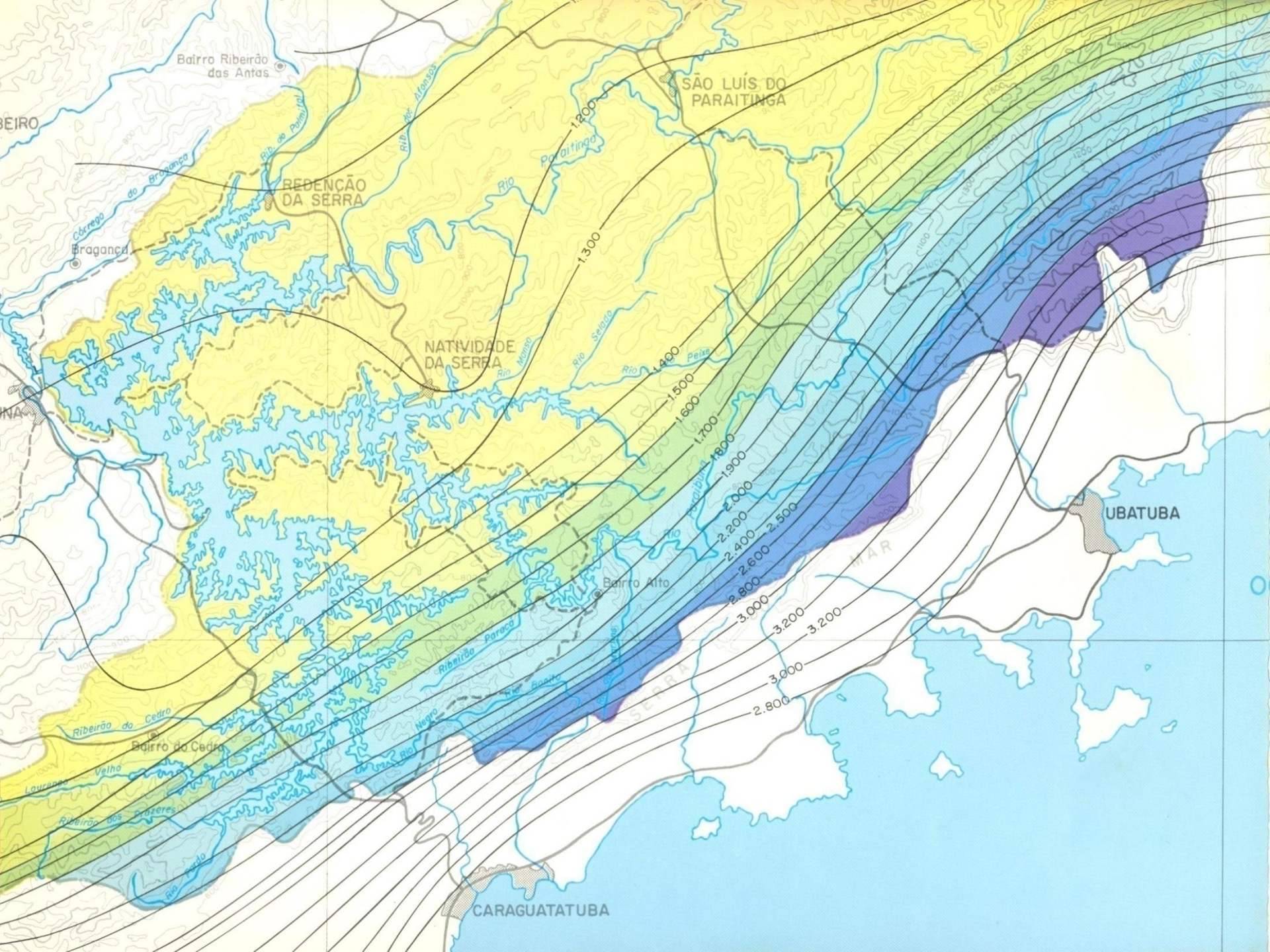
0,357

T (anos)	10	15	20	25	50	100
R (%) = 100 / T	10,00	6,67	5,00	4,00	2,00	1,00
Volume ($10^6 m^3$)	1,249	1,469	1,615	1,713	1,984	2,207

Resultado 5: Q_{7,T}

Vazão mínima anual de 7 dias consecutivos com "T" anos de período de retorno: Q_{7,T} (m^3/s):

T (anos)	10	15	20	25	50	100
Q (m^3/s)	0,167	0,159	0,154	0,151	0,143	0,138



Bairro Ribeirão das Antas

SÃO LUÍS DO PARAITINGA

REDEÇÃO DA SERRA

NATIVIDADE DA SERRA

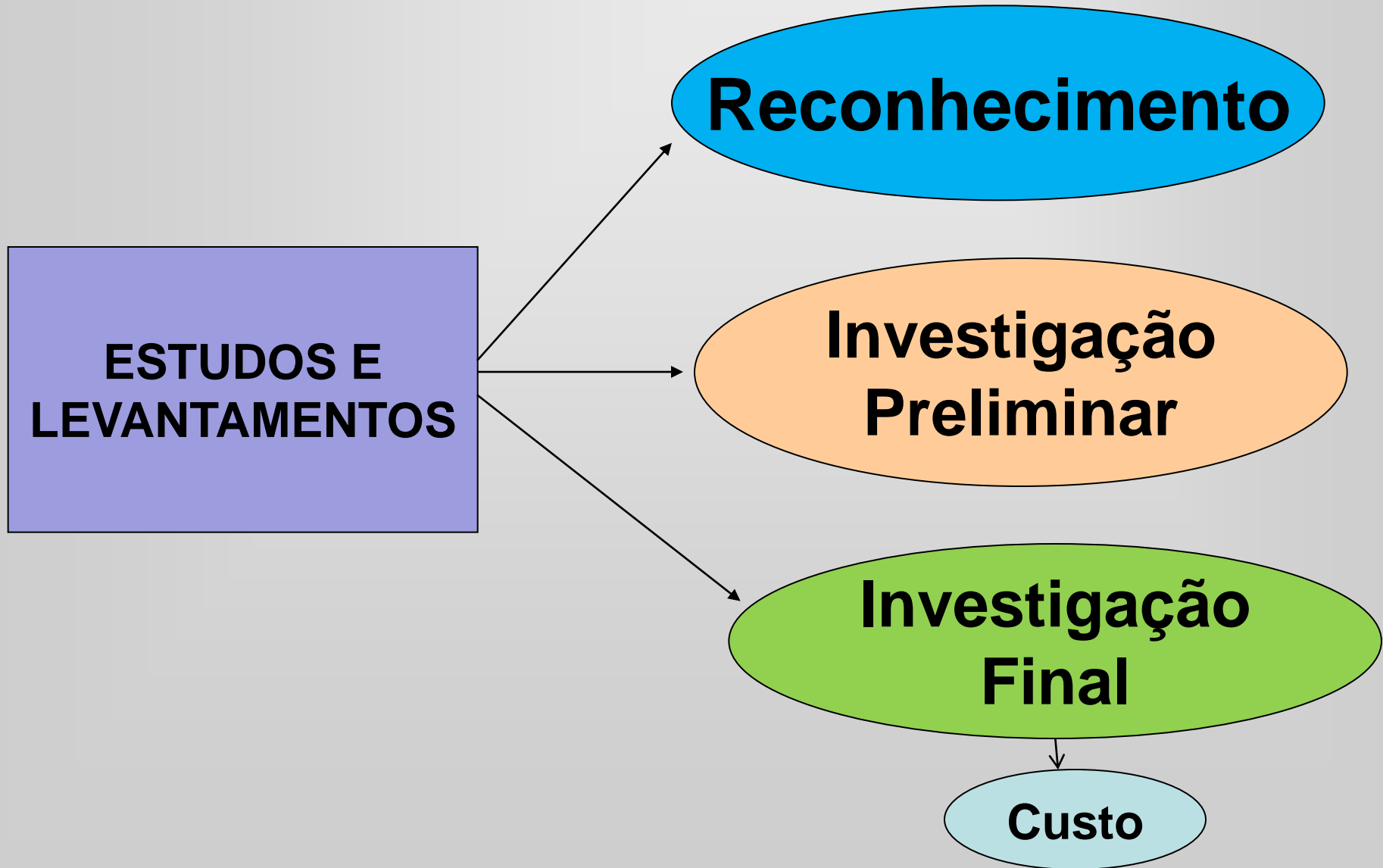
Bairro Alto

UBATUBA

CARAGUATATUBA

MAR

PROJETO DE BARRAGEM



PROJETO DE BARRAGEM

- Escolha definitiva do local da obra
 - Esquemas construtivos
 - Custos
 - Anteprojeto
- Projeto Executivo

FINALIDADES

- Captação
- Regularização de vazões
- Geração de energia
- Amortecimento de cheia
- Navegação
- Recreação

Estruturas componentes

- Barragem
- Reservatório
- Extravasor
- Tomada d'água
- Conduto forçado/túnel
- Casa de força
- Canais de adução e restituição
- Chaminé de equilíbrio
- Eclusas
- Sistema de transposição de peixe

Tomadas d'água

- Estruturas hidráulicas projetadas para retirar água de cursos d'água (rios, canais), lagos ou reservatórios
- Finalidade de captar e conduzir a água aos órgãos adutores, regular a vazão e impedir a entrada de corpos flutuantes indesejáveis
- A captação deve ser feita dentro de certos padrões de qualidade, dependendo do tipo de aproveitamento

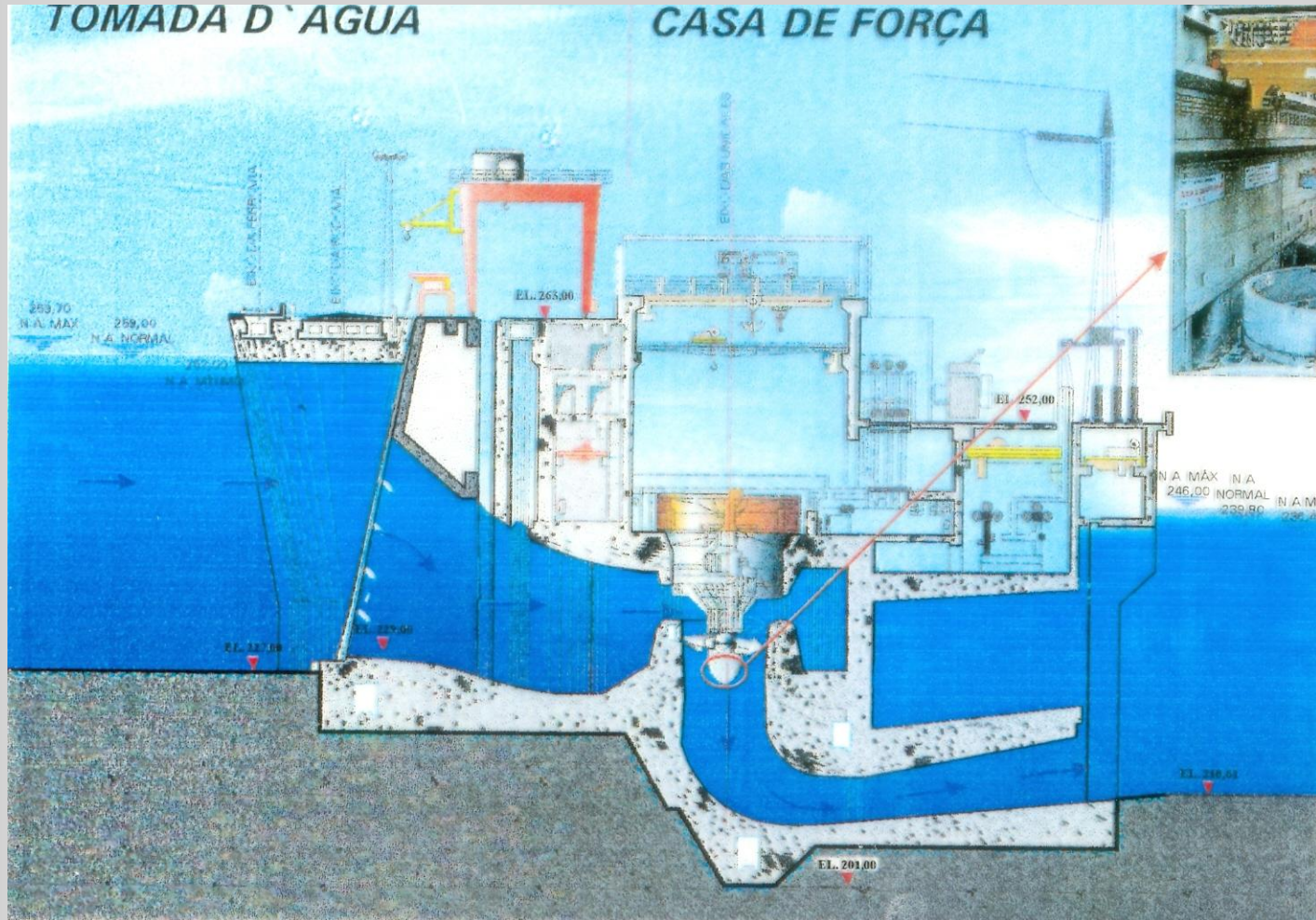
Tomadas d'água

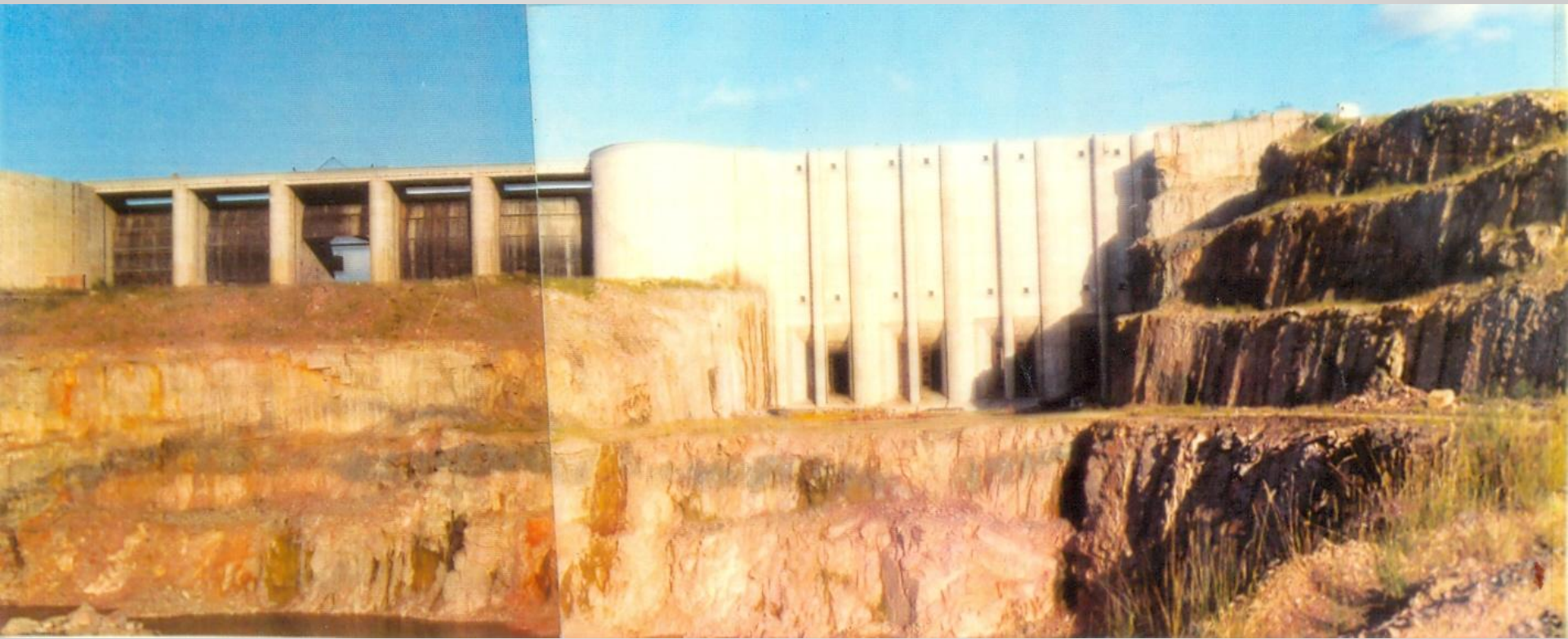
Podem ser destinadas a:

- Irrigação
- Abastecimento público
- Geração de energia,
- Navegação
- Recreação
- Preservação da fauna e flora
- Diluição de esgoto.

TOMADA D'AGUA

CASA DE FORÇA









Canal de Fuga / Restituição



Arranjos

DETERMINAÇÃO DA ALTURA DE UMA BARRAGEM

NECESSIDADE DE RESERVATÓRIO

- DISPONIBILIDADE HÍDRICA
Vazão média e mínima

- DEMANDA – Energia
Abastecimento $\Rightarrow Q_{nec}$
Irrigação

- SE

$$Q_{nec} < Q_{mín} \Rightarrow \text{OK !}$$

$$Q_{MÍN} < Q_{NEC} < \bar{Q} \Rightarrow \text{RESERVATÓRIO}$$

$$Q_{NEC} > \bar{Q} \Rightarrow \text{BUSCAR OUTRO MANANCIAL}$$

CURVA COTA x VOLUME



Eixo da barragem

Cota 100 – Área A0

Cota 101 – Área A1

Cota 102 – Área A2

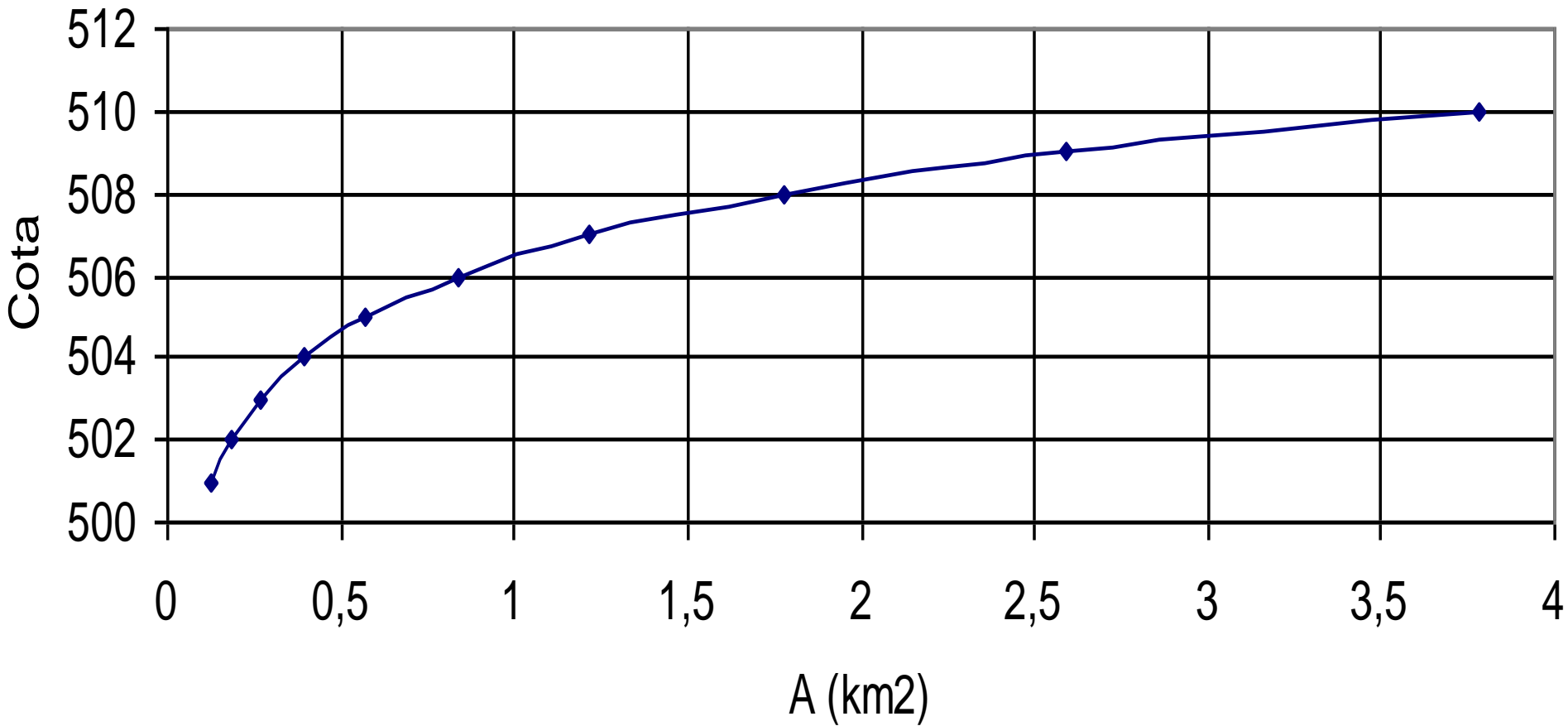
Cota 103 – Área A3

$$h = 1\text{m}$$

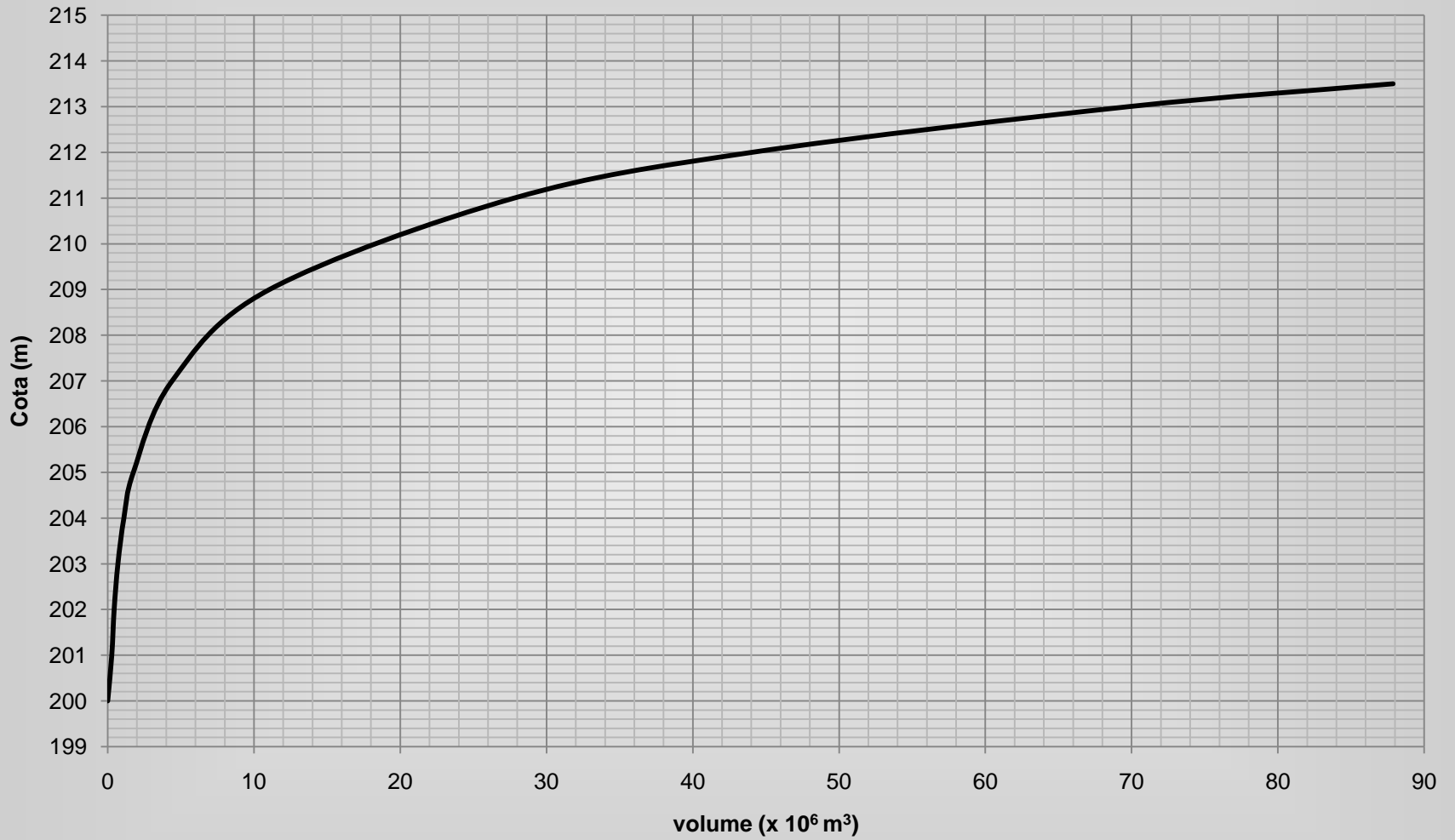
$$V_i = (A_0 + A_1)h/2$$

$$\text{Vol acum} = \text{Soma } V_i$$

CURVA COTA x ÁREA INUNDADA



Curva Cota-Volume



VOLUME MORTO

Volume disponível para acúmulo de sedimentos

Função das características da bacia e da vida útil do reservatório (tempo de assoreamento).

ASSOREAMENTO – Deposição no reservatório de material transportado devido à redução de velocidade e da turbulência das águas

SEDIMENTOS – em suspensão (85 %)
por arraste (15 %)

DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE SEDIMENTOS

PEQUENAS BARRAGENS: SEMELHANÇA DAS CARACTERÍSTICAS COM OUTRAS BACIAS CONHECIDAS

$$V_{\text{morto}} = A \cdot T_{\text{sed}} \cdot T_{\text{util}}$$

A = ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (km²)

T_{sed} = TAXA DE SEDIMENTAÇÃO (m³ / ANO / Km²)

T_{util} = VIDA ÚTIL DA BARRAGEM (anos)

GRANDES BARRAGENS: CALCULADA ATRAVÉS DE MEDIÇÕES EM CAMPO DAS VAZÕES SÓLIDAS E LÍQUIDAS

$$Q_s = 0,0864 \cdot Q_L \cdot c$$

Q_s = VAZÃO SÓLIDA

Q_L = VAZÃO LÍQUIDA

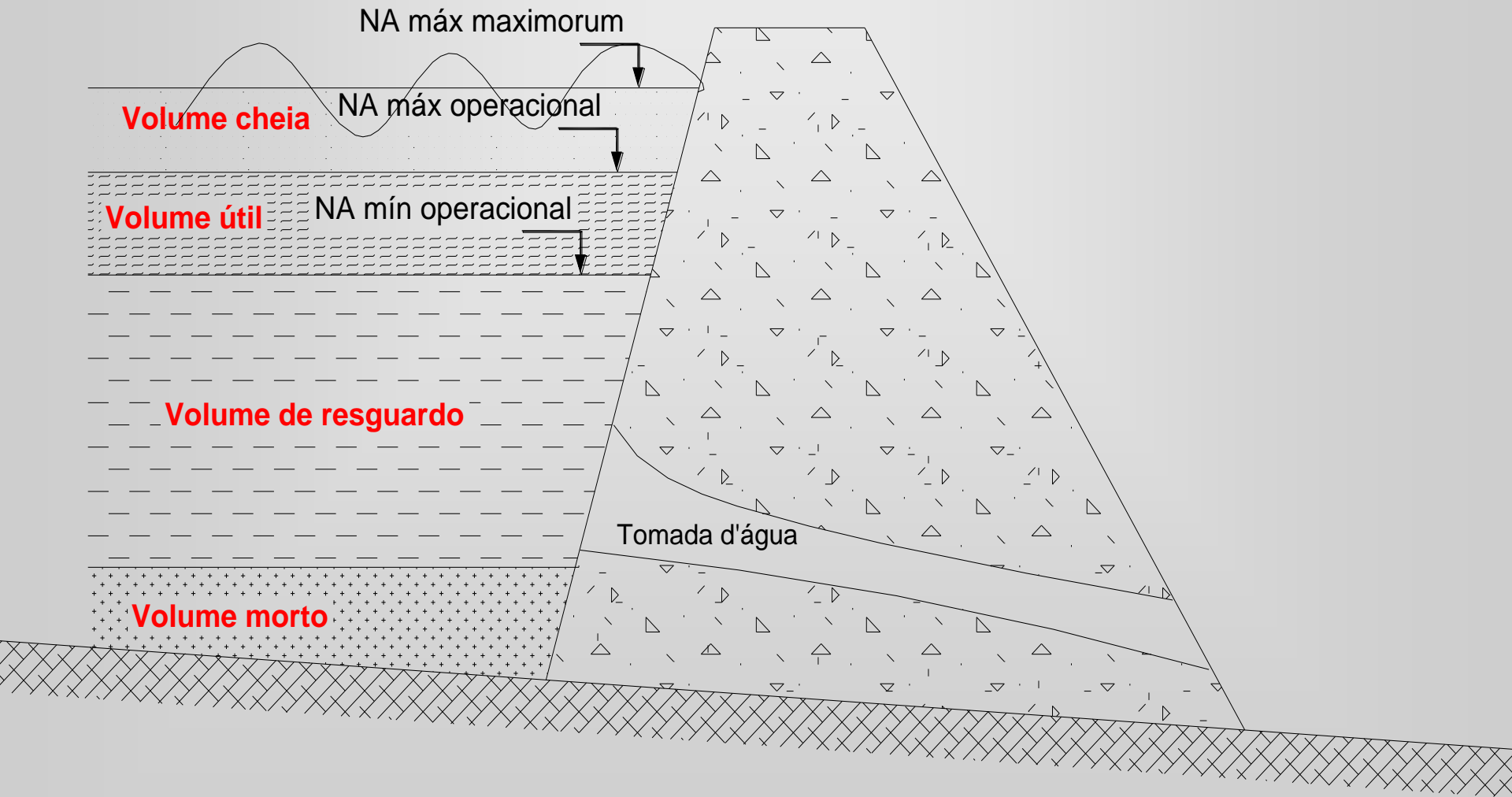
C = CONCENTRAÇÃO DE SEDIMENTOS (ppm)

PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS :

- Tipo de solo
- Declividade da bacia
- Vegetação
- Obras
- Características das precipitações

CONTROLE DE EROSÃO:

- Na área da bacia: terraceamento, reflorestamento,
- No leito do curso d'água: redução da declividade, revestimento
- No reservatório: descargas em posição adequada

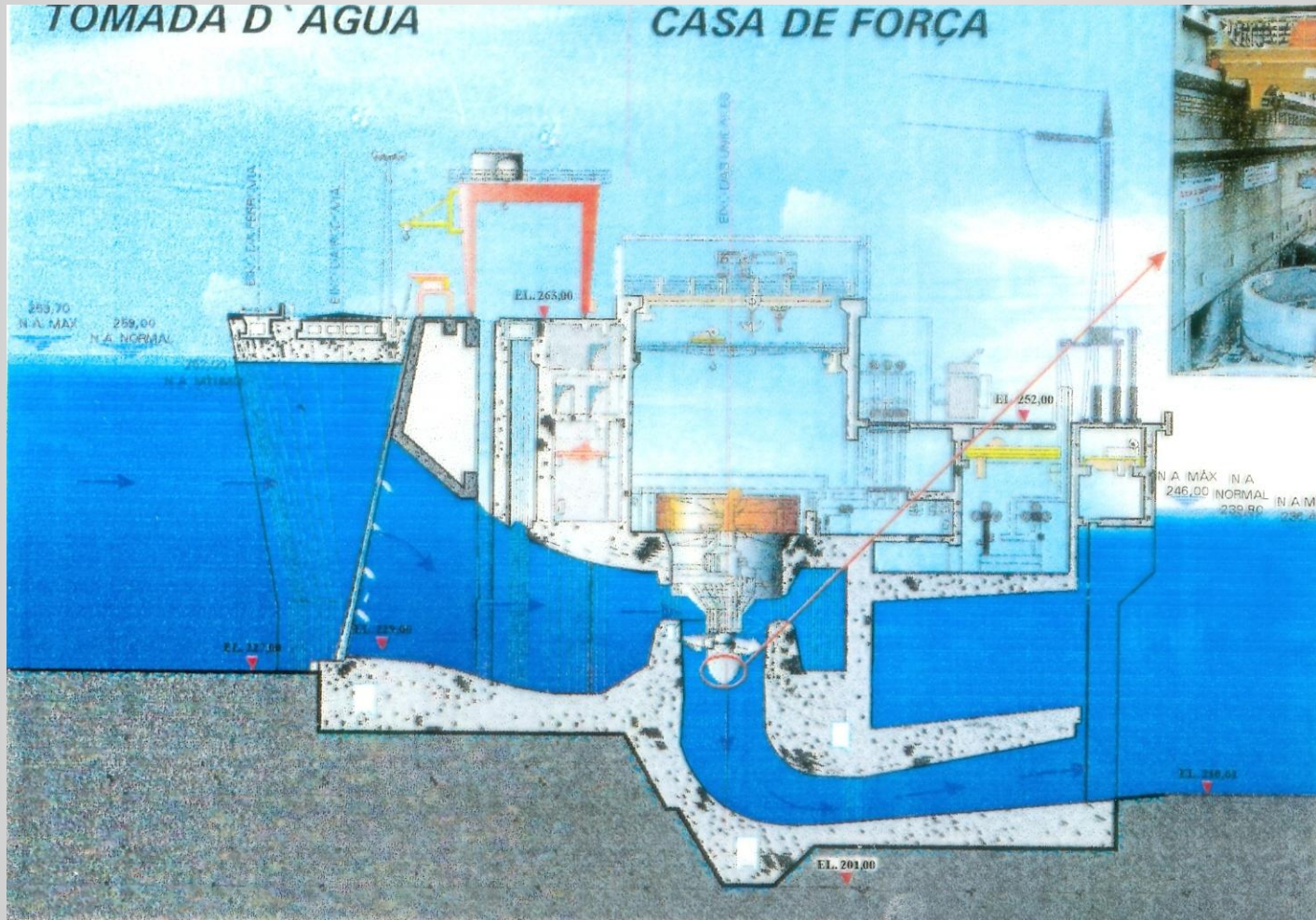


POSIÇÃO DA TOMADA D'ÁGUA

- *Entrada de sedimentos*: relação à cota do volume morto, para minimizar a entrada de material sólido nos condutos.
- *Vórtices*:
NA acima da parte superior da tomada para evitar o arrastamento de ar (submergência).
 - * condição de aproximação
 - * geometria da tomada
 - * inclinação do paramento de montante
 - * submergência

TOMADA D'AGUA

CASA DE FORÇA





VOLUME ÚTIL

- Volume armazenado para a utilização.

Q_R – Vazão regularizada

Q_m - Vazão média de longa duração

$$Q_R \leq 0,8 Q_m$$

Det. Volume Útil

- *Diagrama de massas*
- *Regionalização de vazões*

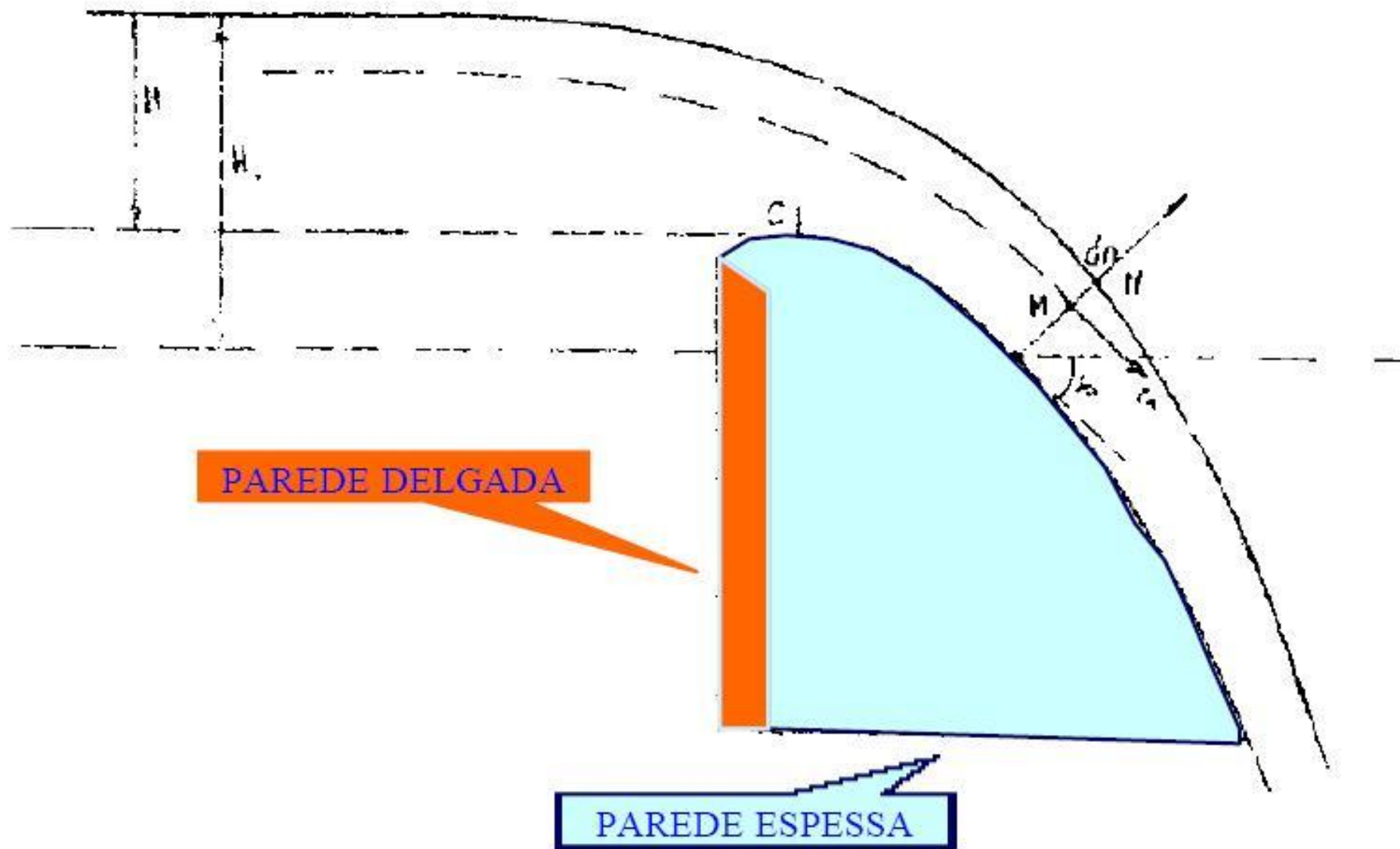
NÍVEL D'ÁGUA MÁXIMO NORMAL

(Volume útil)

Vertedor sem comportas (soleira livre)
cota da crista do vertedor



Vertedor com comportas
acima da crista do vertedor



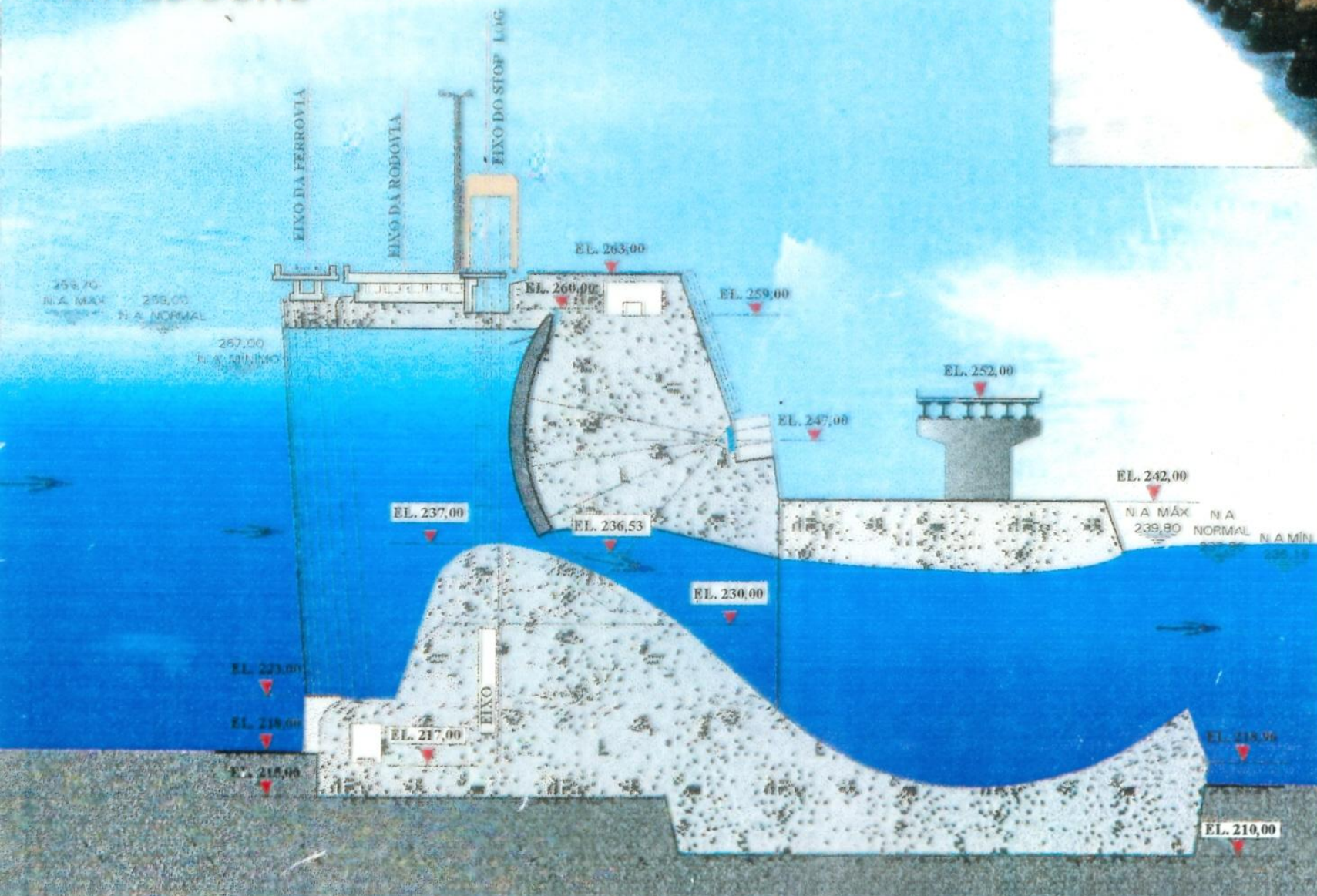
PAREDE DELGADA

PAREDE ESPESA



SEÇÕES TÍPICAS

VERTEDOURO





CARGA MÁXIMA SOBRE A CRISTA DO VERTEDOR

$N_{A_{MÁX}}$ MAXIMORUM

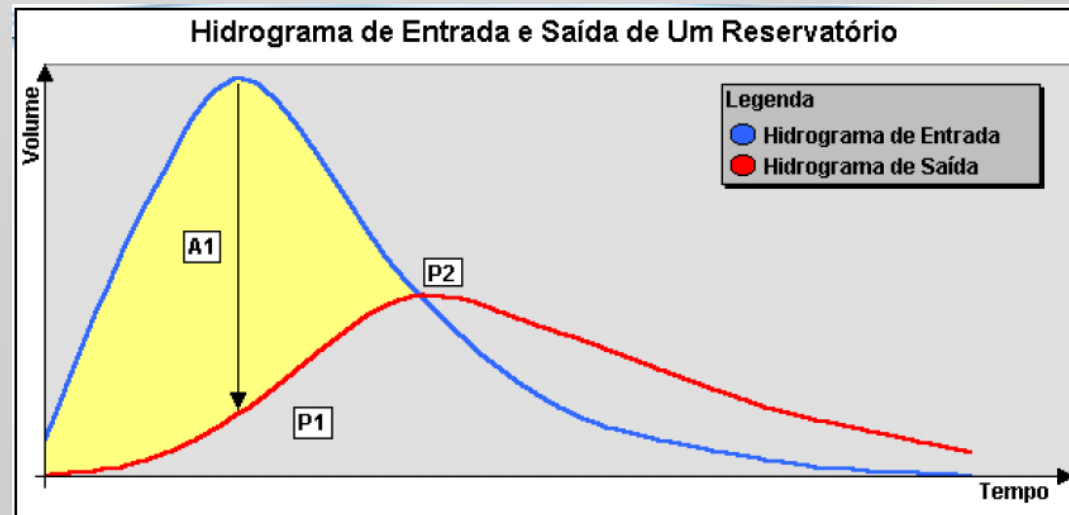
- Vazão de projeto:
 - comprimento da crista e carga sobre o vertedor (fixa um valor e calcula o outro).
 - $T \Rightarrow 10\ 000$ (decamilenar)

$$Q = \mu.L.H.\sqrt{2gH} = \mu.L.H^{3/2}.\sqrt{2g} = C_Q.L.H^{3/2}$$

- μ - coeficiente de vazão (0,45 a 0,50)
- L – comprimento da crista do vertedor
- H – carga sobre a crista do vertedor

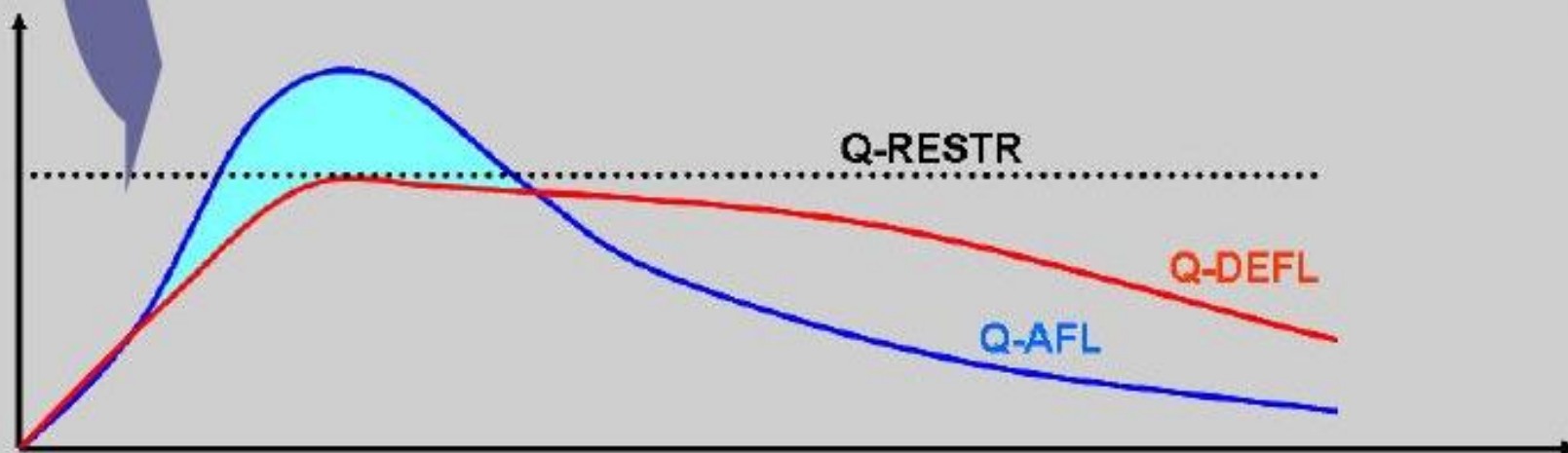
Equação geral do escoamento a nível variável

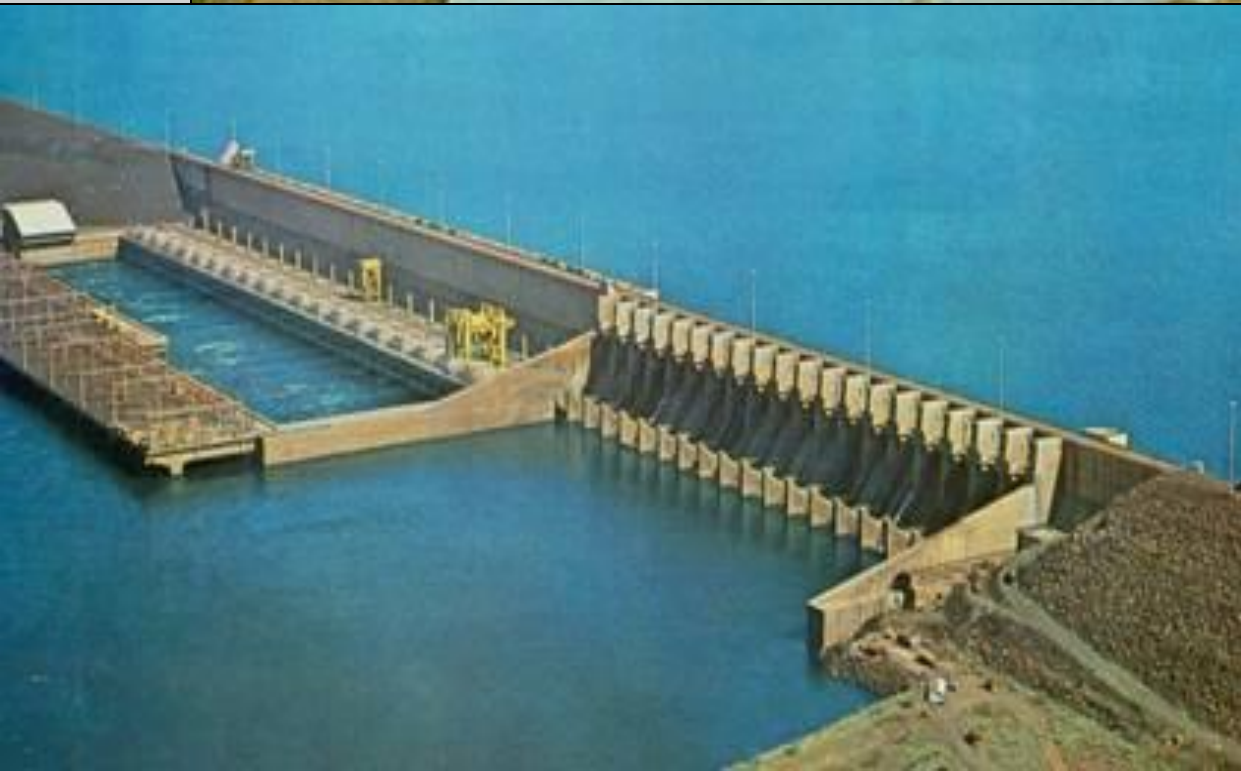
- Q_e ...vazão afluyente ao reservatório
- Q_s ...vazão efluente do reservatório através do vertedor
- ΔV ...variação do volume no reservatório
- Δt ...intervalo de tempo considerado





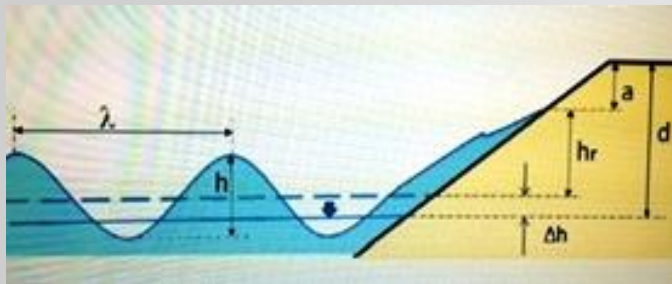
Operação dos sistemas de reservatórios de forma a amortecer cheias e evitar danos por inundação em locais a jusante





COTA DA CRISTA

- Ondas
Ação do vento



- Bordo livre de segurança
Adota-se 10 a 30% da altura máxima da barragem obtida no projeto.

OBRAS DE DESVIO DO RIO

Definição do risco hidrológico

Características da obra

- tipo de maciço e estruturas de vertimento
- praça de obra (topografia local)
- geologia local
- interferência com obras definitivas

Características Hidrológicas

- tipo de cheia
- existência de obras a montante ou a jusante
- combinação das etapas com a sazonalidade

Ensecadeira

Cordão de material lançado no leito do curso d'água com o objetivo de isolar uma área de trabalho.



2a Prancha metálica



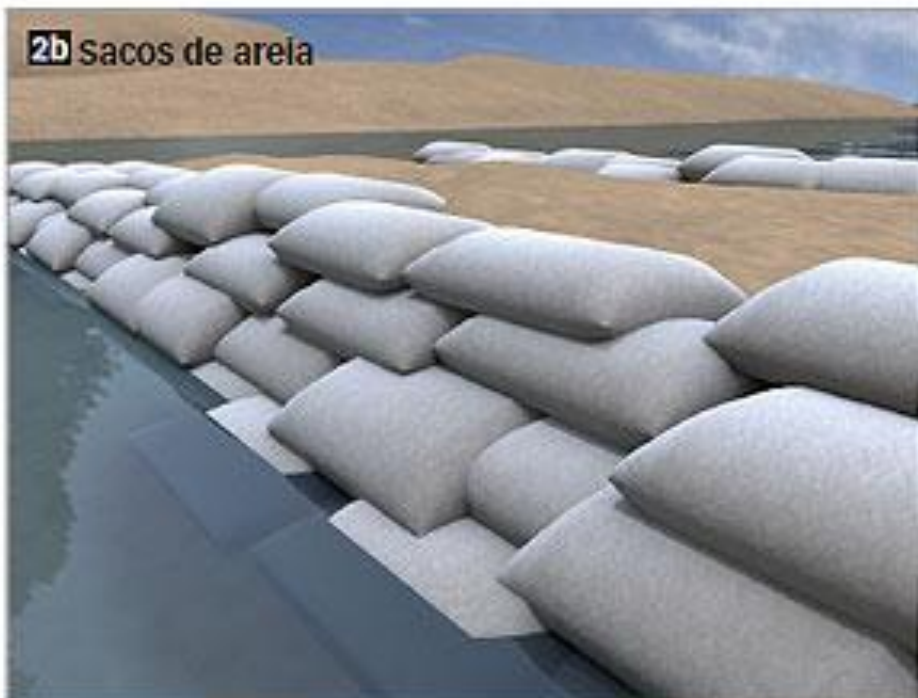
2 Prancha de madeira



2a Prancha de concreto



2b Sacos de areia





1

Belo Monte



Obras de Desvio

Principais alternativas

1. Tubulação (pequenas obras nas margens)
2. Estrangulamento do leito do rio, desviando o fluxo para isolar de área de trabalho – neste caso, desvio em etapas
3. Canal escavado na margem
4. Túnel (regiões montanhosas)

1. Desvio utilizando uma tubulação



Ensecadeira para execução de desemboque de Córrego no Rio Tietê

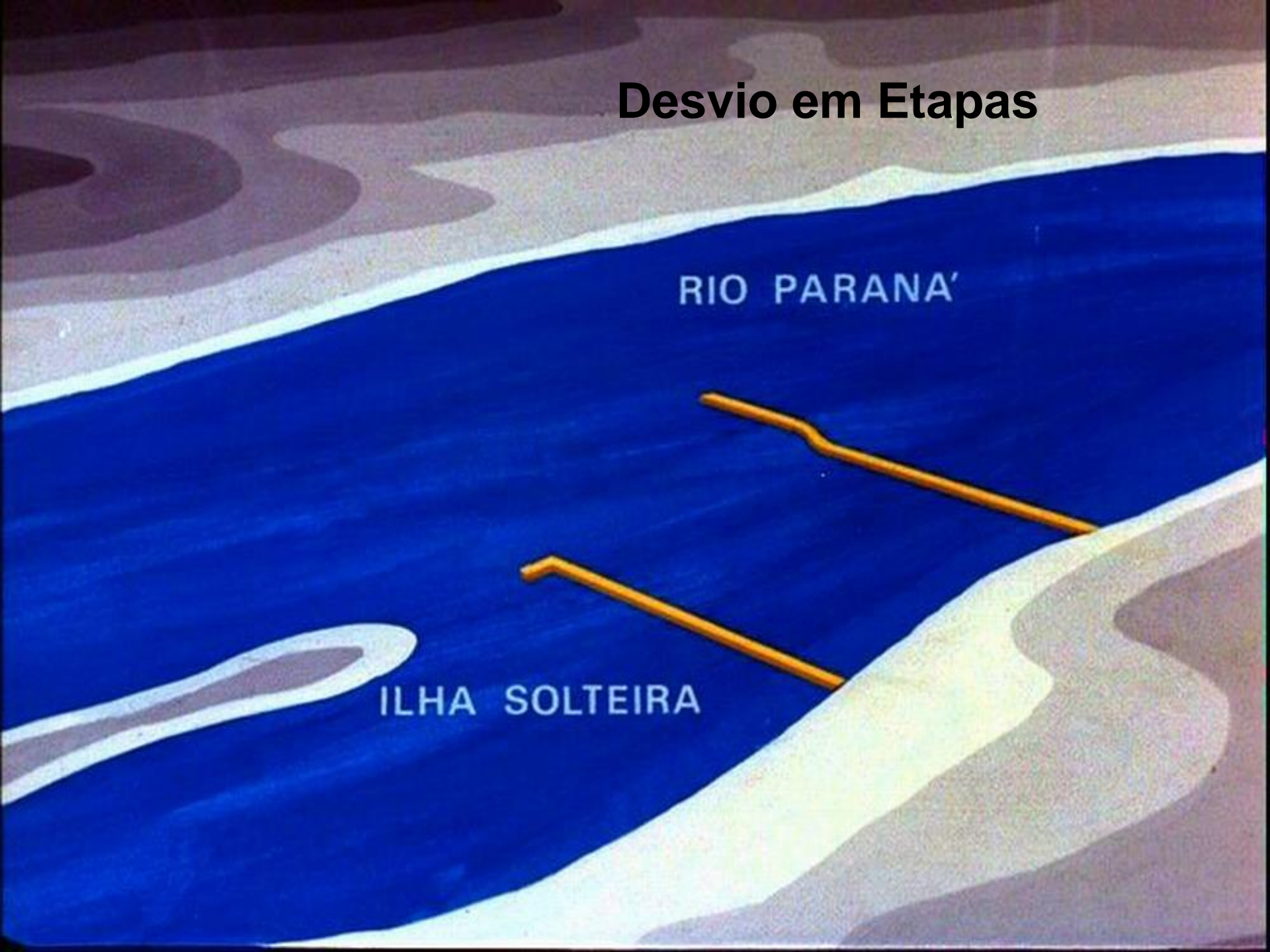
1. Desvio utilizando uma tubulação



Desvio em Etapas

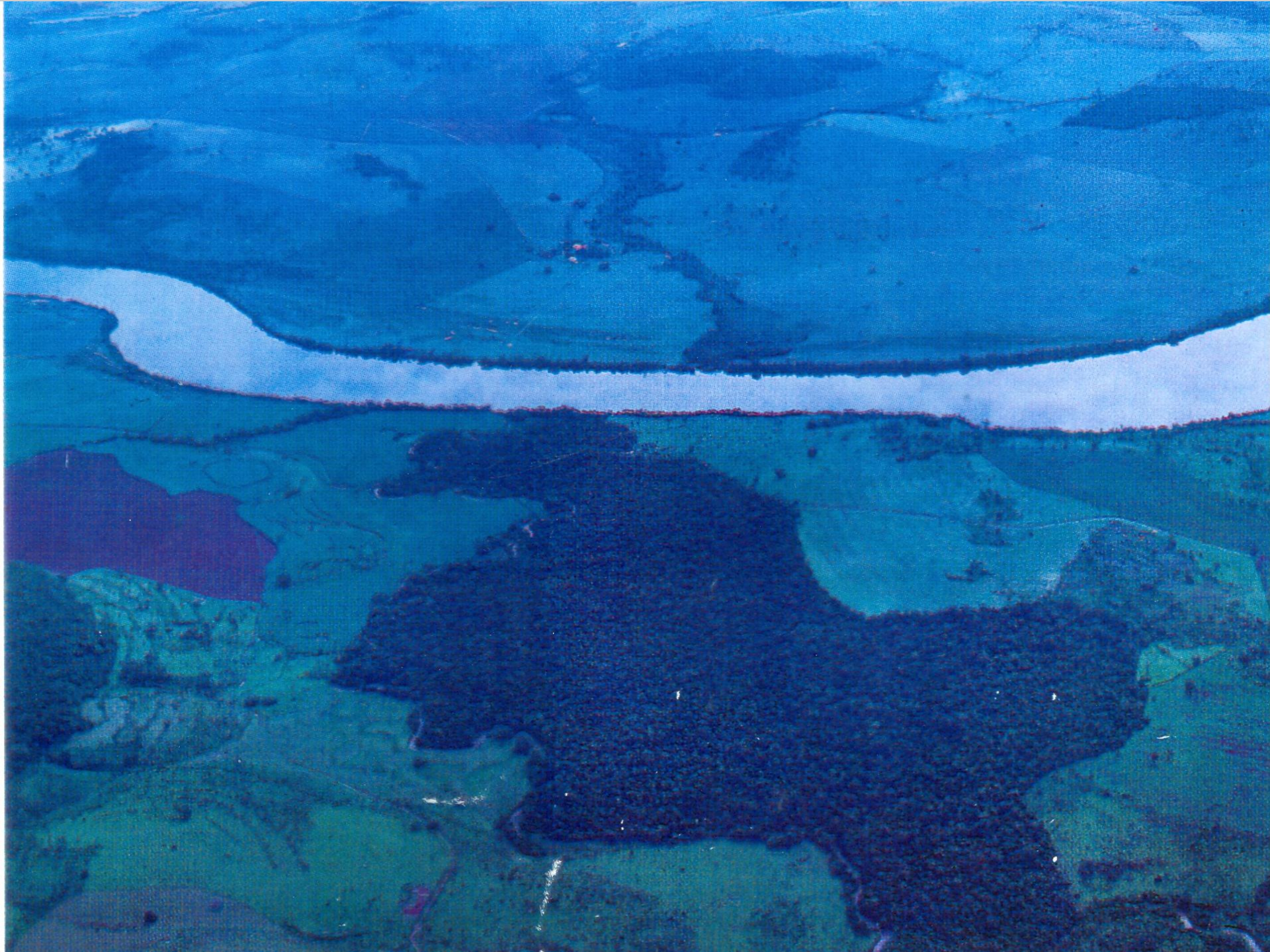
RIO PARANA'

ILHA SOLTEIRA



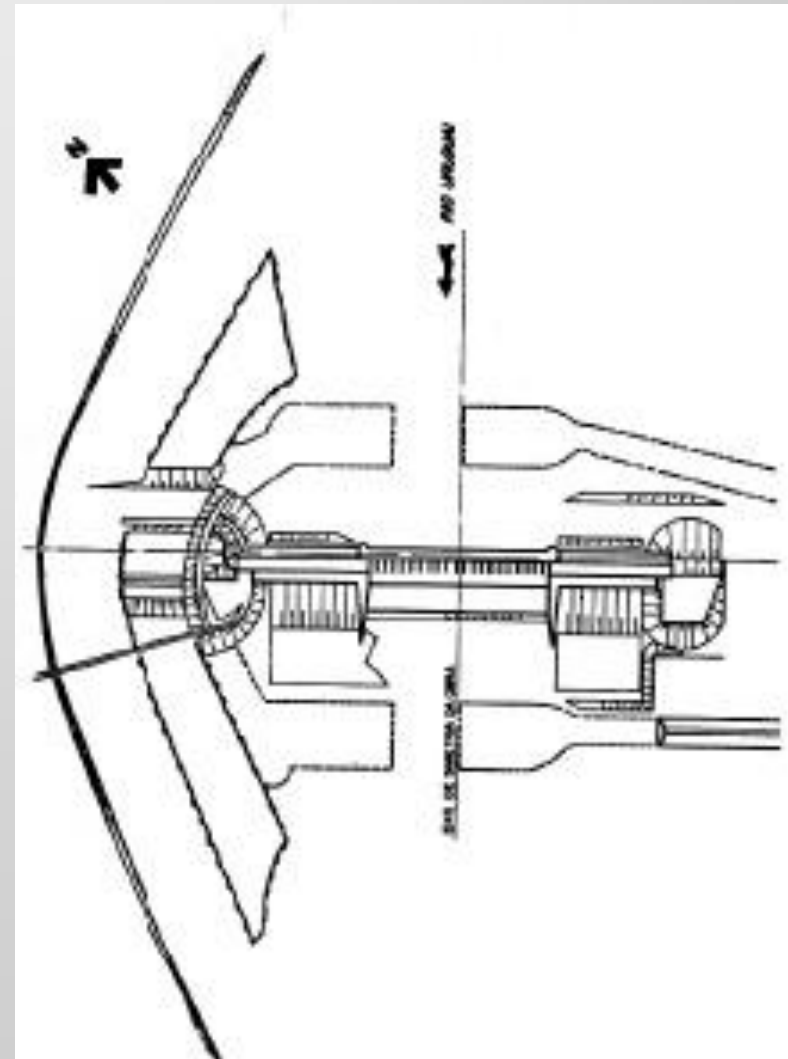
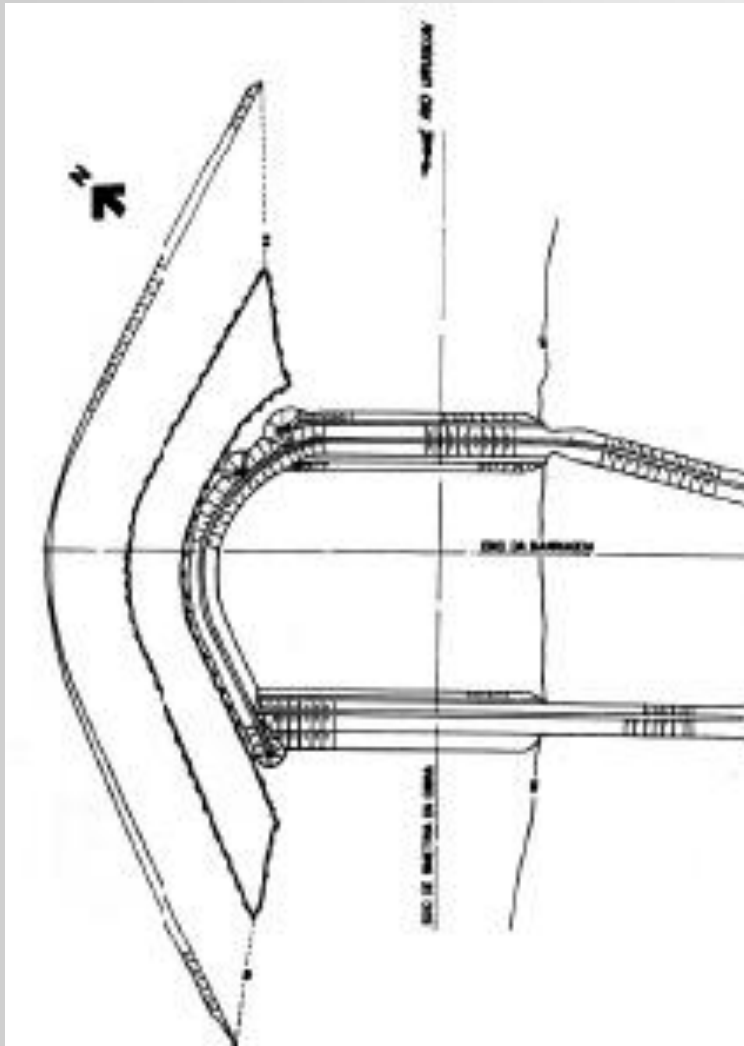
RIO PARANA'

ILHA SOLTEIRA



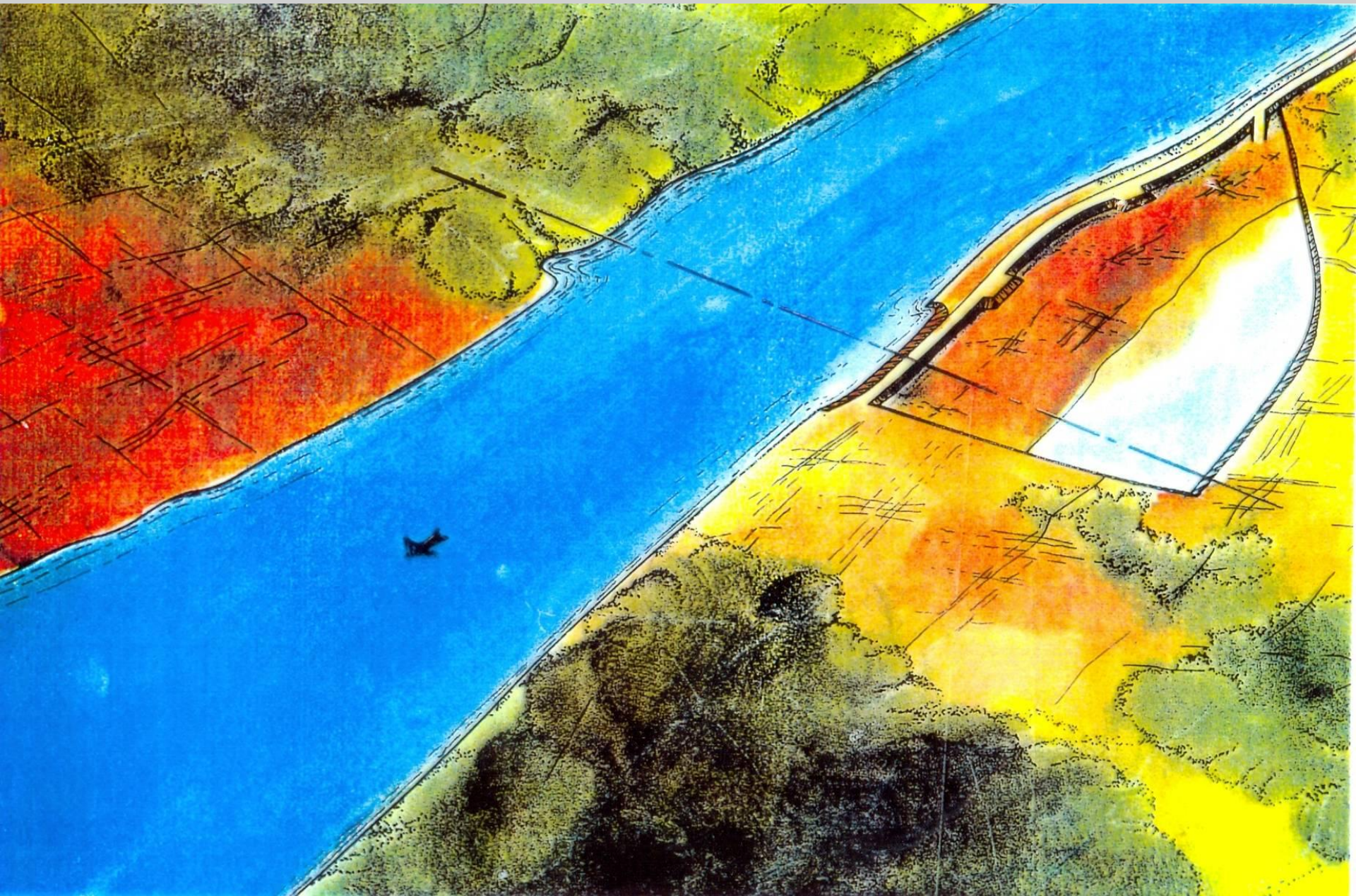


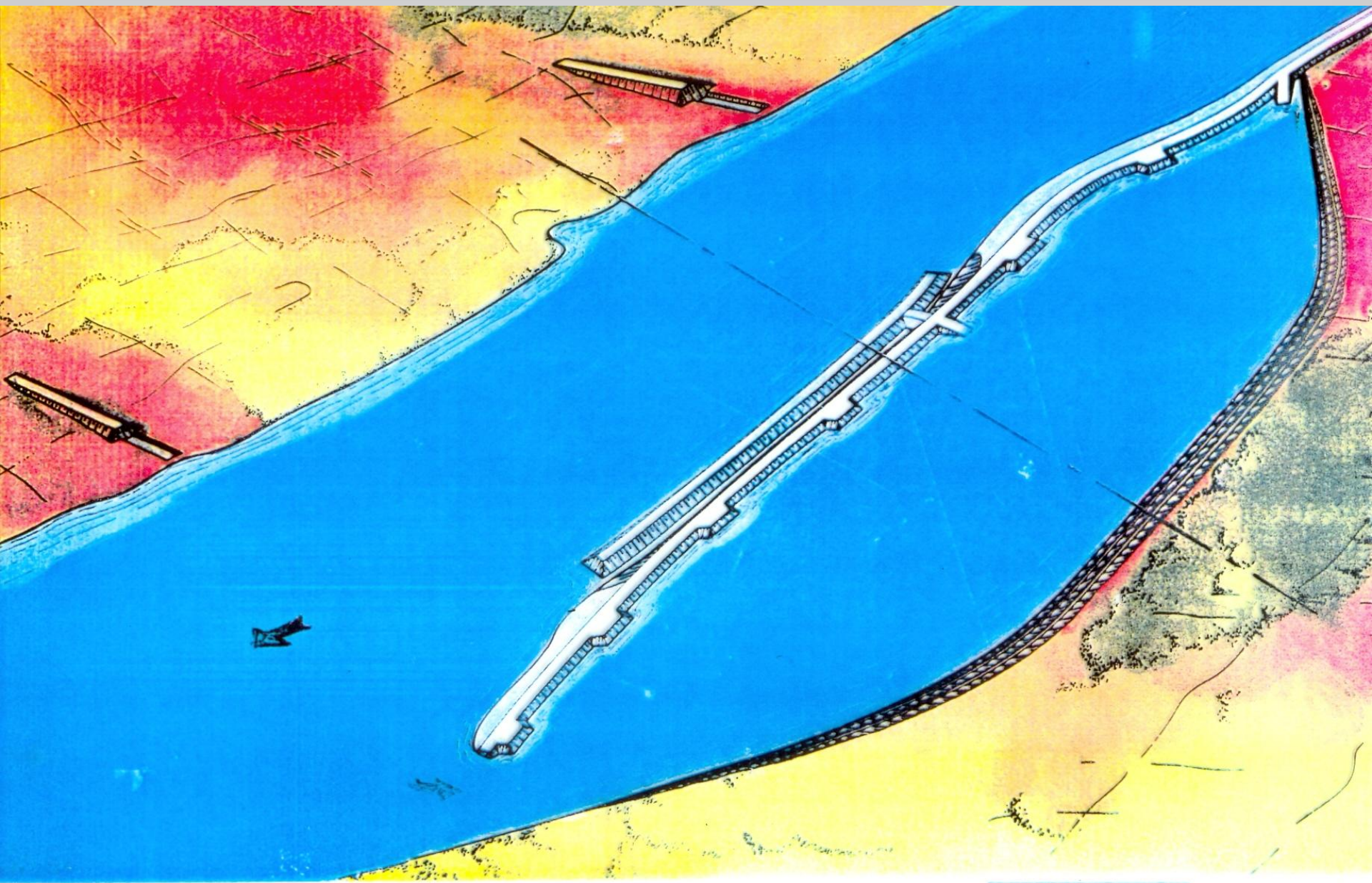
Etapas de Desvio – Canal Lateral

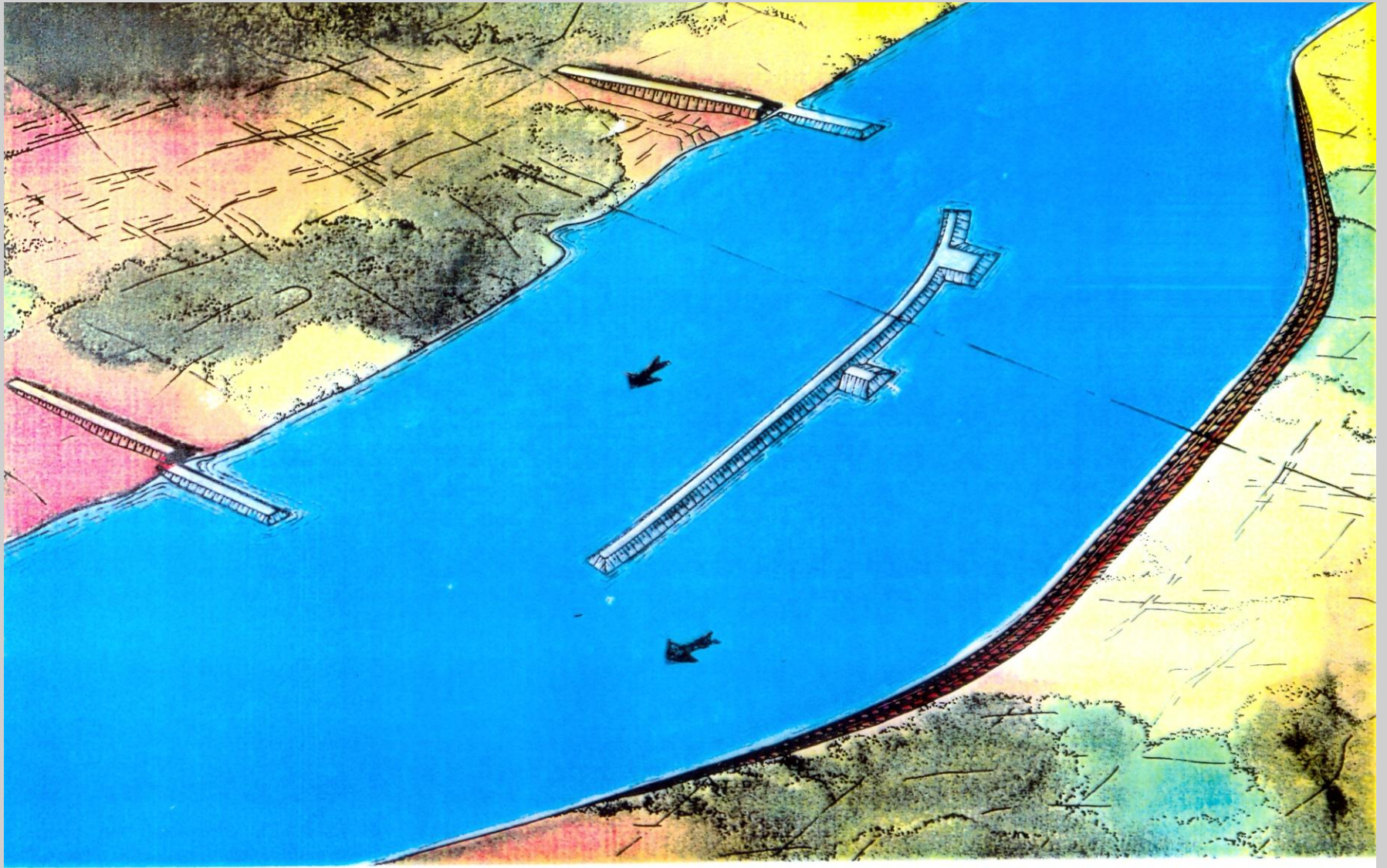


UHE CANOAS I - Rio Paranapanema

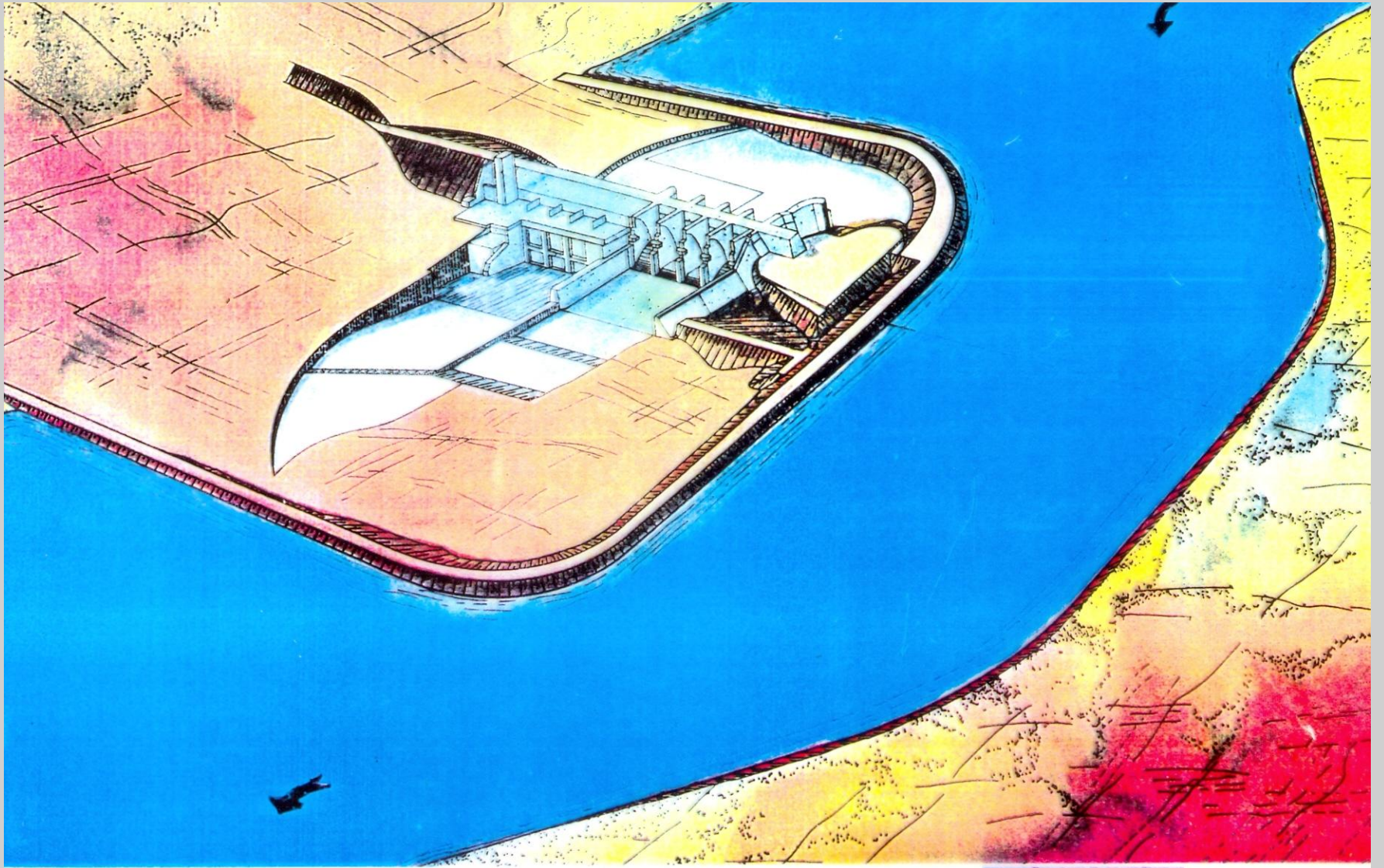












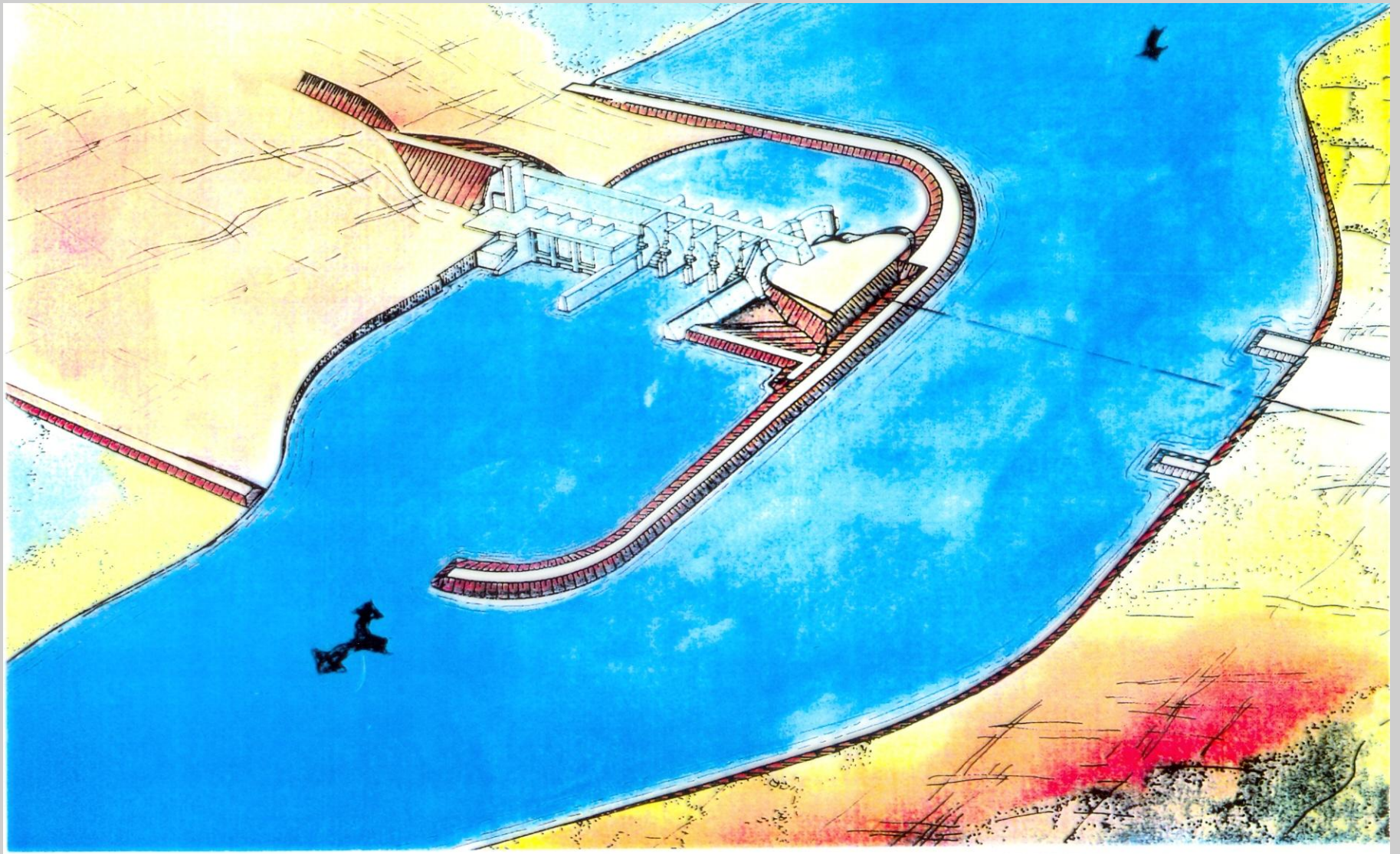
Segunda Etapa

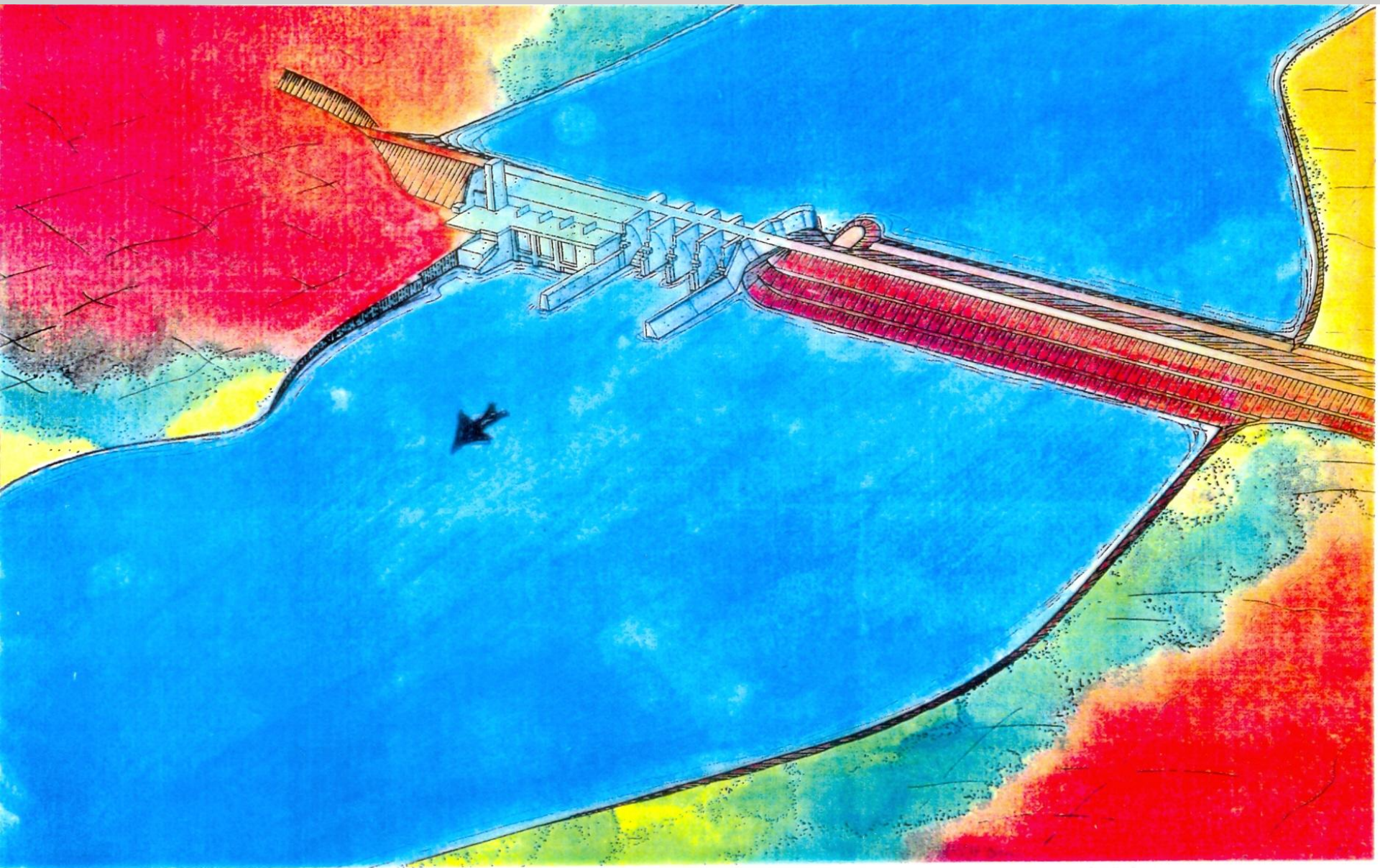
O leito do rio ou canal auxiliar escavado será fechado, e a água será desviada para alguma das estruturas, que estará preparada para o escoamento da água nesta fase.

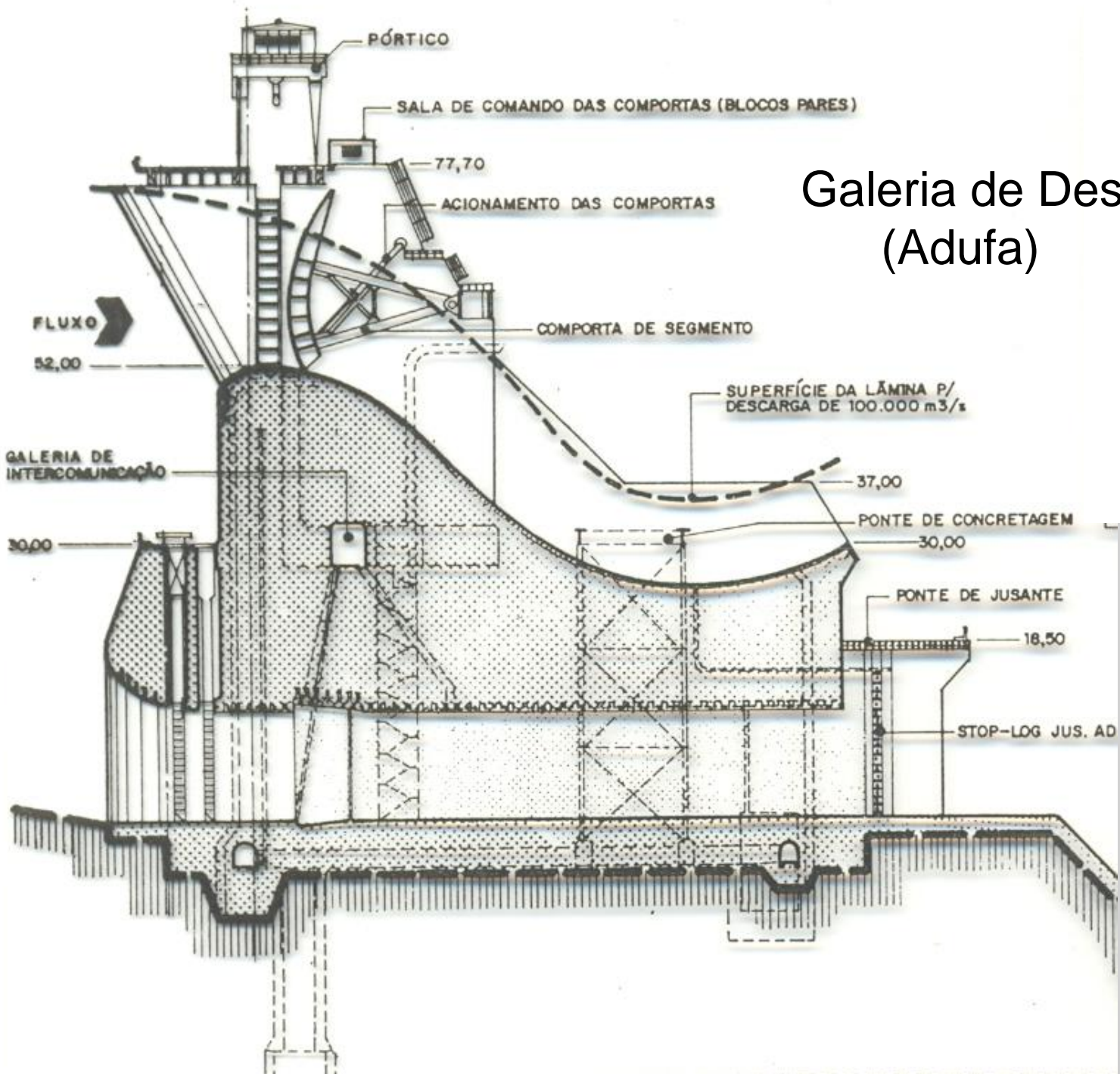
- Adufas ou galerias de desvio
- Soleira do vertedor rebaixada
- Estrutura da casa de força

A ensecadeira da primeira etapa será parcial ou totalmente removida

Tempo de duração desta etapa é menor, e portanto a vazão de projeto adotada normalmente corresponde a período de retorno 25 anos







Galeria de Desvio (Adufa)

FLUXO →
 52,00

GALERIA DE INTERCOMUNICAÇÃO

30,00

18,50

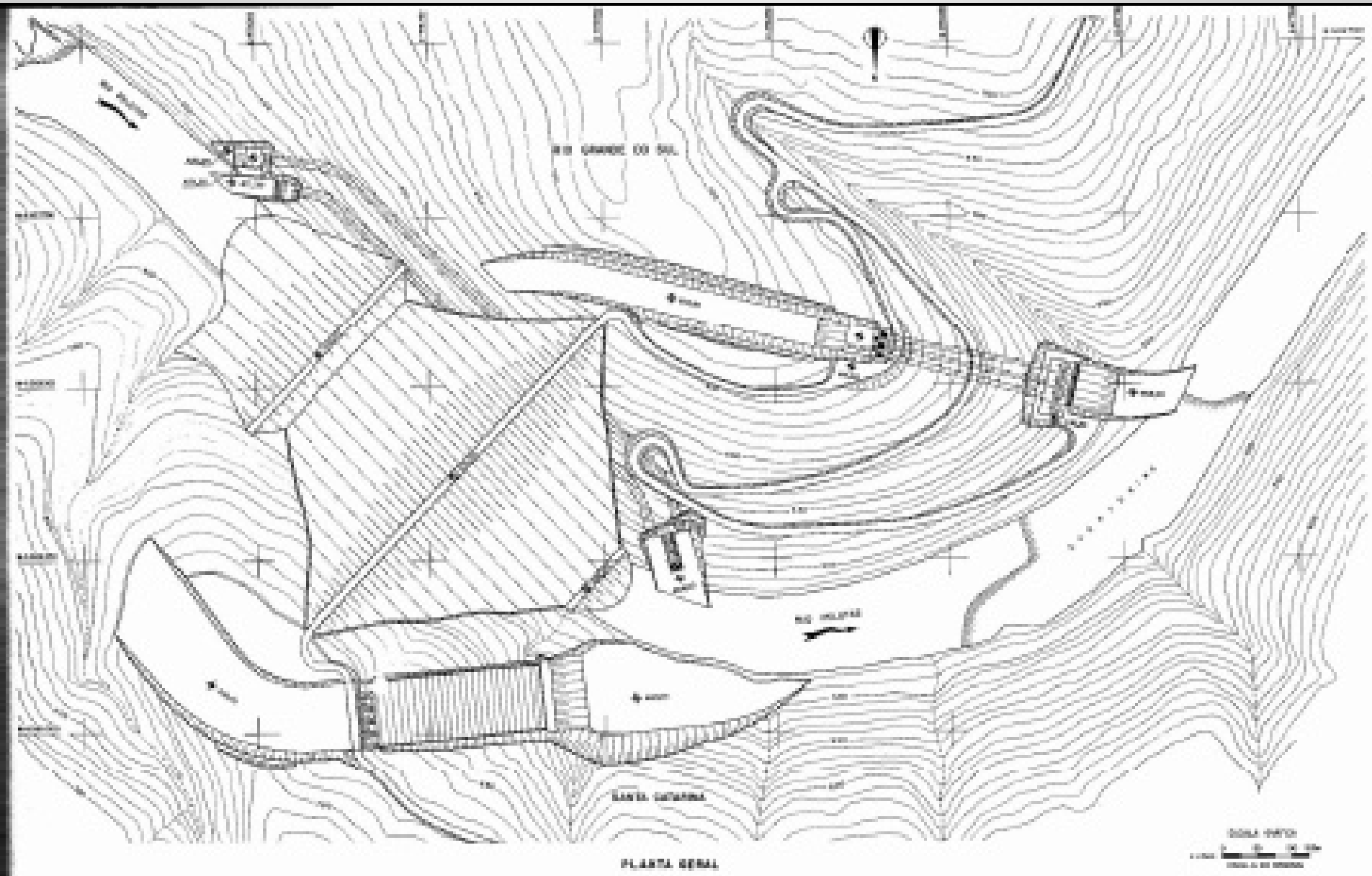
STOP-LOG JUS. AD





Desvio pela estrutura da casa de força

Desvio em Túneis



Túneis - Emboque





Túneis - Desemboque

