



Programa de Pós-Graduação em Energia - PPGE
Instituto de Energia e Ambiente - IEE
Universidade de São Paulo - USP

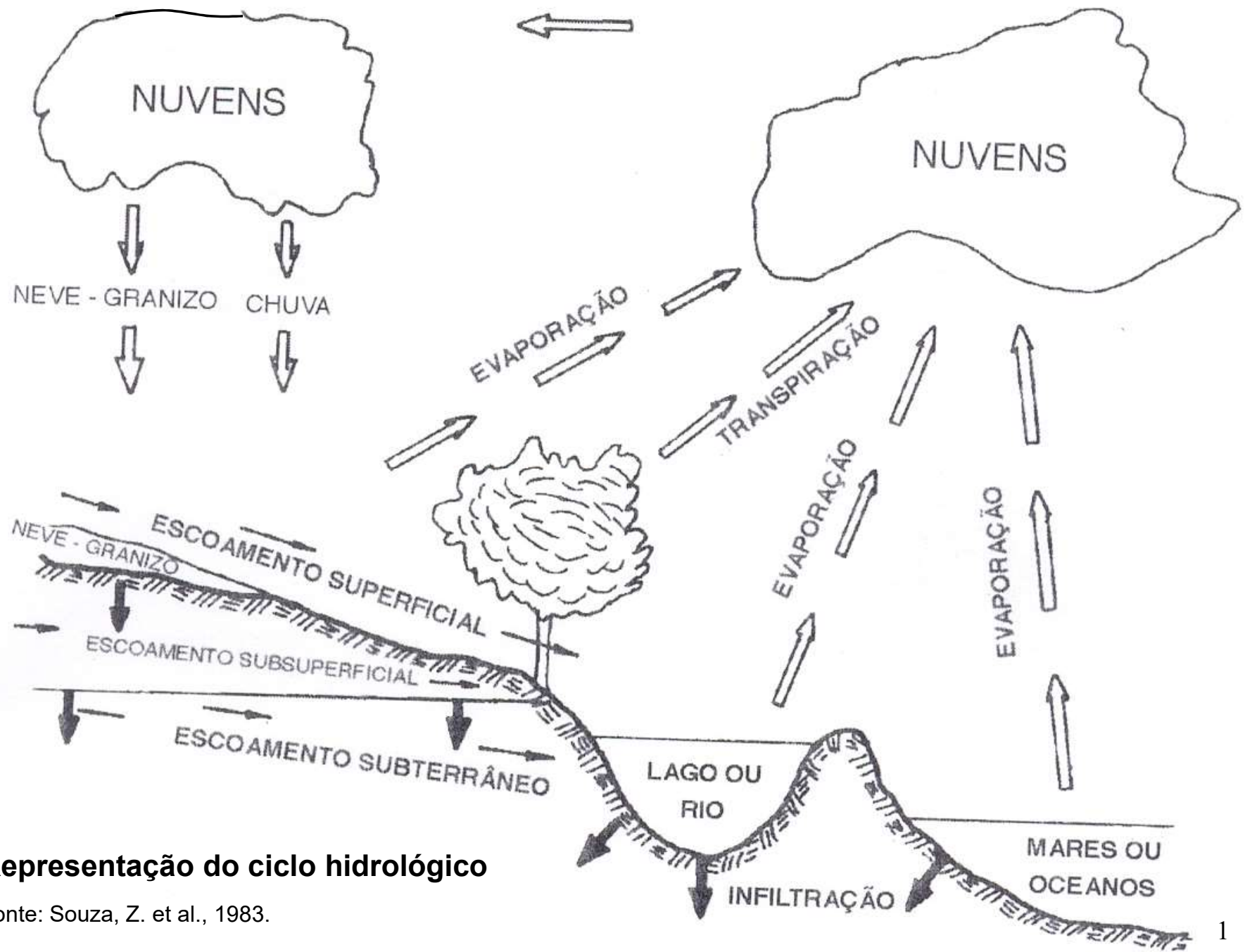
PEN 5002: Recursos e Oferta de Energia

Prof. Célio Bermann

Profa. Virgínia Parente

4ª aula - Hidroeletricidade

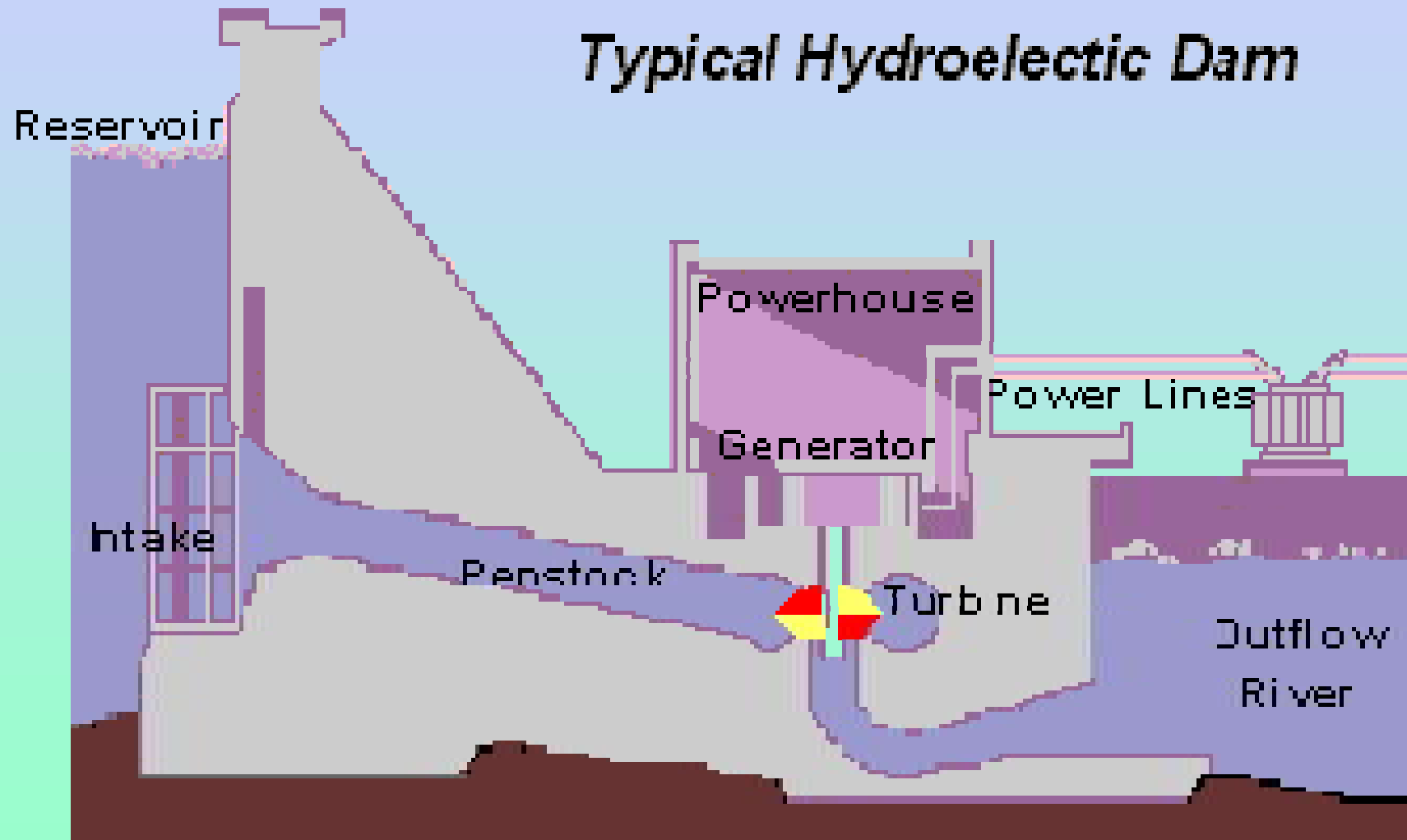
- . Usinas hidrelétricas: **aspectos tecnológicos e sócio-ambientais**
- . a questão da escala: grandes hidrelétricas, PCH's e CGH's
- . Grupo de alunos: potenciais hidrelétricos estimados/usinas hidrelétricas em operação (mundial, ALC e Brasil)



Representação do ciclo hidrológico

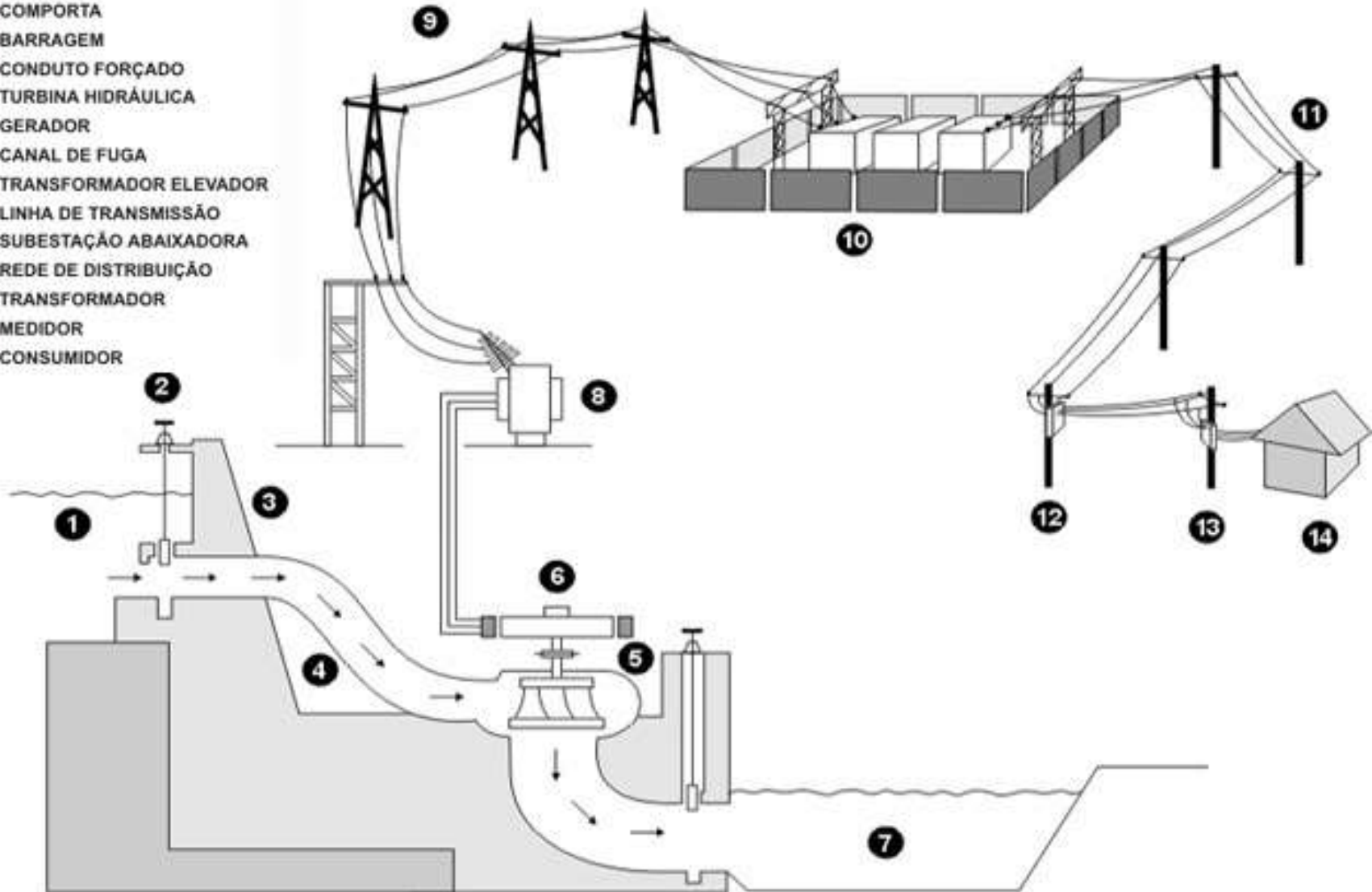
Fonte: Souza, Z. et al., 1983.

Typical Hydroelectric Dam



USINA HIDRELÉTRICA

- 1 RESERVATÓRIO
- 2 COMPORTA
- 3 BARRAGEM
- 4 CONDUITO FORÇADO
- 5 TURBINA HIDRÁULICA
- 6 GERADOR
- 7 CANAL DE FUGA
- 8 TRANSFORMADOR ELEVADOR
- 9 LINHA DE TRANSMISSÃO
- 10 SUBESTAÇÃO ABAIXADORA
- 11 REDE DE DISTRIBUIÇÃO
- 12 TRANSFORMADOR
- 13 MEDIDOR
- 14 CONSUMIDOR



Potência elétrica de uma UHE:

$$P = \eta_{TOT} \cdot g \cdot \rho \cdot Q \cdot H$$

onde: η_{TOT} = rendimento total do conjunto

g = aceleração da gravidade: 9,8 m/s²;

ρ = densidade da água: 1000 kg/m³;

Q = vazão [m³/s];

H = queda bruta [m];

P = potência elétrica (W)

Para: $W = J/s$

$J = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 \longrightarrow W = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$

Da equação: $\text{m}/\text{s}^2 \cdot \text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$

Rendimento total $\eta_{TOT} = \eta_H \cdot \eta_T \cdot \eta_g$

sendo η_H = rendimento do sistema hidráulico

η_T = rendimento da turbina

η_g = rendimento do gerador

Valores típicos: $0,76 \leq \eta_{TOT} \leq 0,87$

onde: $\eta_H \geq 0,96$

$0,88 \leq \eta_T \leq 0,94$

$0,90 \leq \eta_g \leq 0,97$

Energia produzida pela UHE:

$$E = P \cdot FCU \cdot 8760 \text{ horas}$$

onde:

P = potência máxima (potência instalada)

FCU = Fator de Capacidade da Usina (relação entre a potência média no ano e a potência máxima (de pico))

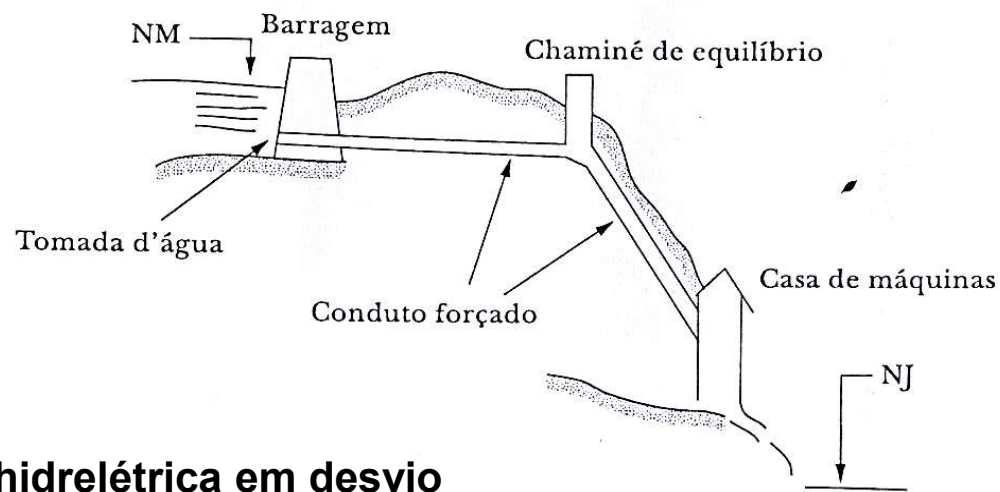
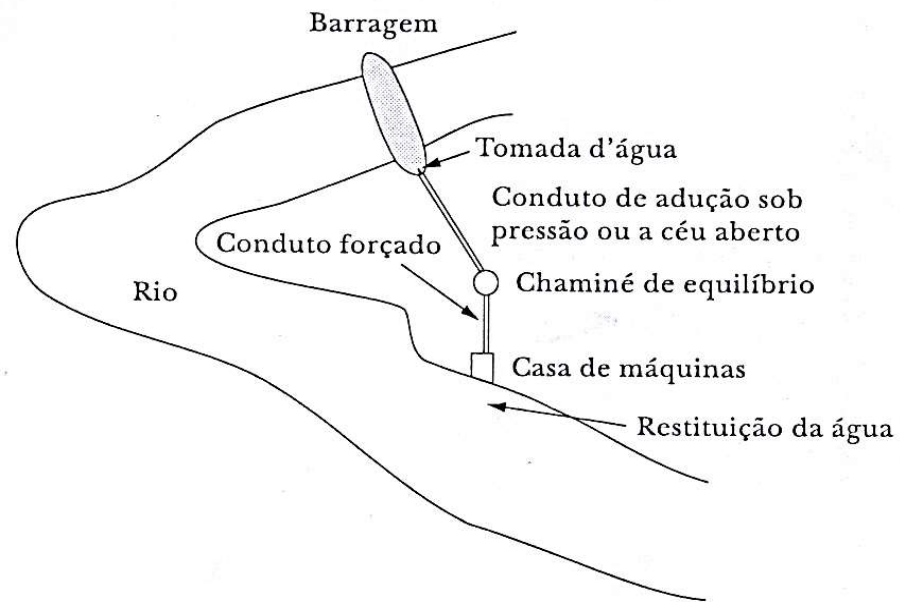
8760 = número de horas no ano

valor típico do FCU = 0,50

obs: no Brasil = 0,55

Principais componentes de uma UHE:

- ▶ Barragem
- ▶ Vertedor
- ▶ Comportas
- ▶ Tomada de água
- ▶ Conduitos
- ▶ Chaminés de equilíbrio (câmaras de descarga)
- ▶ Casas de força



Central hidrelétrica em desvio

Fonte: Reis, 1999.

• Tipos de Aproveitamento

- **Fio d'água:** usina que utiliza reservatório com acumulação suficiente apenas para prover regularização diária ou semanal, ou utilizada diretamente a vazão afluyente do aproveitamento – vazão natural do rio.
- **Acumulação:** usina que dispõe de reservatório para acumulação de água, com volume suficiente para assegurar o funcionamento normal das usinas durante um tempo especificado.
- **Reversíveis:** usina em que a energia elétrica é gerada com a utilização de água previamente bombeada para um reservatório de acumulação. Pode ser usada para prover capacidade de reserva de geração.

- **Conceitos:**

Regularização do rio: é o processo e armazenamento da água e obtenção da vazão regularizada

Vazão regularizada: vazão média obtida após a instalação da barragem no rio.

Vazão firme: é a vazão máxima que pode ser obtida durante um período de estiagem

Energia firme: associada a aproveitamentos com regularização de vazão - é a energia que pode ser garantida durante quase todo tempo

Energia Assegurada/Garantia Física (Portaria MME 303/04): fração alocada para usina conforme cálculo da ANEEL; critério considera risco de déficit de 5%; limite para fins de comercialização e parâmetro para lastro

• Classificação das centrais hidrelétricas

- **UHE: potência superior a 30.000 KW**
- **PCH*: potência entre 3.000 KW e 30.000 KW**
- **CGH: potência inferior a 3.000 KW**

* cf. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 673, DE 4 DE AGOSTO DE 2015 da ANEEL

Art. 2º Serão considerados empreendimentos com características de PCH aqueles empreendimentos destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km², excluindo a calha do leito regular do rio.

- **Regimes de exploração de UHEs:**
- **Serviço Público (SP):** herança das empresas não privatizadas – hoje não há destinação primordial para o serviço público
- **Produção Independente (PIE):** energia primordialmente para a comercialização, admitindo-se o consumo próprio
- **Autoprodução (APE):** a energia primordialmente para o consumo próprio, admitindo-se a comercialização temporária de excedentes

Tipos de turbina - parâmetros

- ▶ **Pelton** – turbina à ação

$$h > 300 \text{ m}$$

$$Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ▶ **Francis** – turbina à reação

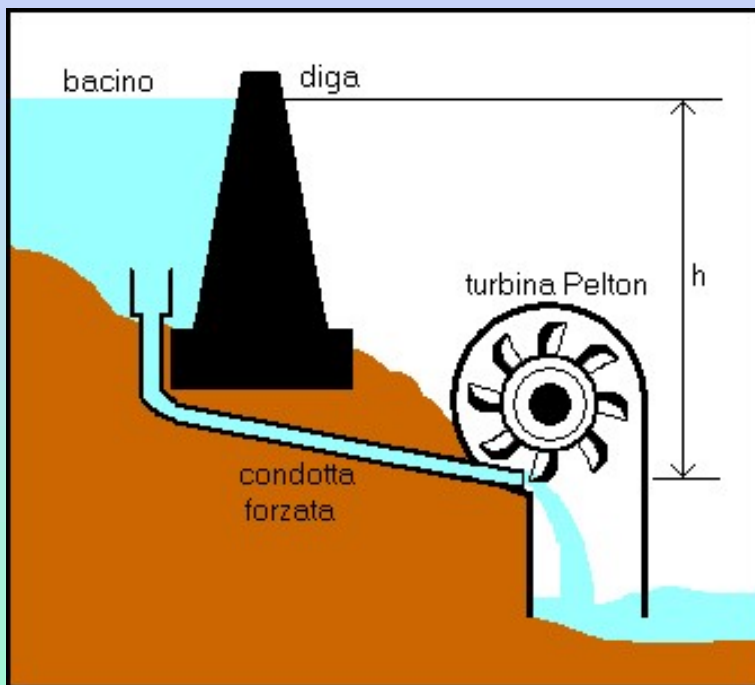
$$30 < h < 500 \text{ m}$$

$$Q < 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

- ▶ **Kaplan** – turbina à reação

$$1 < h < 30 \text{ m}$$

$$Q > 100 \text{ m}^3/\text{s}$$



Turbinas Pelton

$h > 300 \text{ m}$

$Q < 10 \text{ m}^3/\text{s}$



Turbina Pelton

Fabricação: Voith (Heidenheim)

Descrição: Roda de 35.000 c.v., pesando aproximadamente 7 toneladas

Utilização: Turbina "Pelton" construída com uma série de conchas de aço altamente resistentes, destinada a funcionar em grandes desníveis de queda d'água de até mais de 1.000 metros de altura para gerar energia elétrica.

Henry Borden

- **Localização:**

Rio das Pedras, Cubatão (SP)

- **Usina Externa**

- **Capacidade Instalada: 469 MW**

- Número de turbinas: 8

- Tipo: Pelton

- Potência por Unidade: 58,6 MW

- Capacidade Instalada total: 889 MW

- Início operação: 1926

- **Usina Subterrânea**

- **Capacidade Instalada: 420 MW**

- Número de turbinas: 6

- Tipo: Pelton

- Potência por Unidade: 70 MW

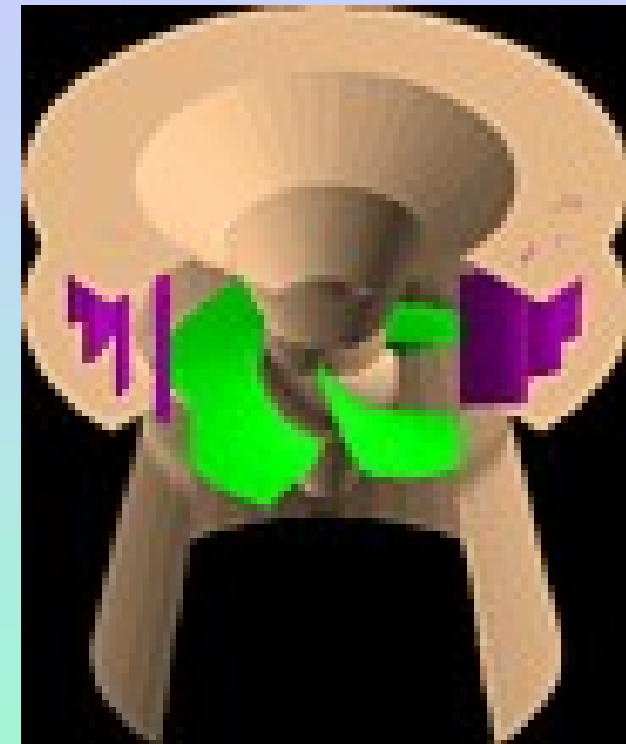
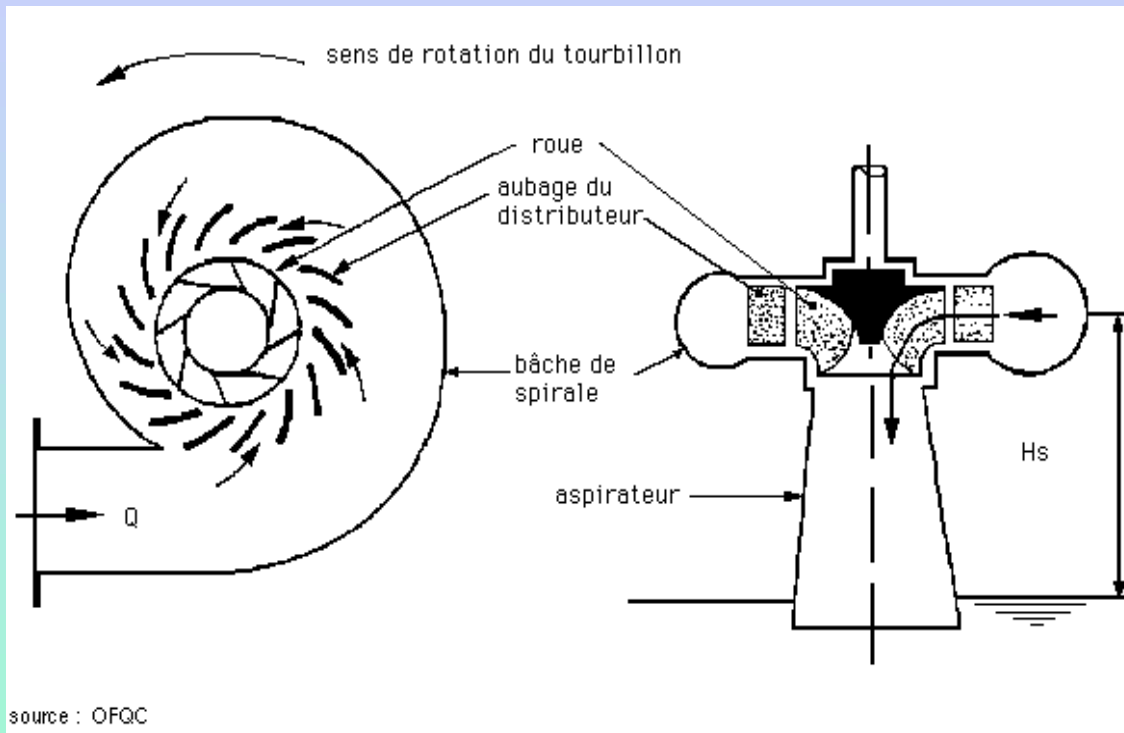
- **Características Gerais:**

- Altura da Queda d'Água: 720 m

- Vazão: 157 m³/s

- Extensão condutos forçados:
1500 m





Turbinas Francis

$30 < h < 500 \text{ m}$

$Q < 100 \text{ m}^3/\text{s}$

Euclides da Cunha

- **Localização:**

Rio Pardo, no Município de São José do Rio Pardo

- Capacidade Instalada total: 108,8 MW
- Início operação: 1960

- **Extensão da Barragem:** 312 m

- **Reservatório:**

- Área: 4.366 km²
- Cota Máxima: 665,00 m
- Cota Mínima: 659,50 m
- Volume Médio de Água acumulado: 4,680 x 10⁶ m³

- **Vertedouro:**

- Número de Comportas: 2
- Altura da Queda d'Água: 92 m

- **Capacidade Instalada:**

- Número de turbinas: 4
- Tipo: Francis
- Potência por Unidade: 27,2 MW



Marimbondo

- **Localização:**

Rio Grande, entre as cidades de Icém (SP) e Fronteira (MG)

- **Barragem:**

- Tipo: Argila
- Altura max.: 94 m
- Extensão: 3.100 m

- **Reservatório:**

- Área: 438 km²
- Cota Máxima: 447.36 m
- Cota Mínima: 426.00 m
- Volume total: 6.150 bi km³

- **Vertedouro:**

- Número de Comportas: 9
- Altura da Queda d'Água: 18.85 m
- Tipo: Segmento
- Descarga max.: 21.400 m³/s

- **Capacidade Instalada:**

- Número de turbinas: 8
- Tipo: Francis
- Potência por Unidade: 180 MW

- Capacidade Instalada total: 1.440 MW
- Início operação: 1975



Itumbiara

- **Localização:**

Rio Paranaíba, entre os municípios de Itumbiara (GO) e Araporã (MG)

- **Barragem:**

-Tipo: Gravidade
-Altura max.: 106 m

- **Reservatório:**

-Área: 438 km²
-Cota Máxima: 520.20 m
-Cota Mínima: 495.00 m
-Volume total: 17 bi km³

- **Vertedouro:**

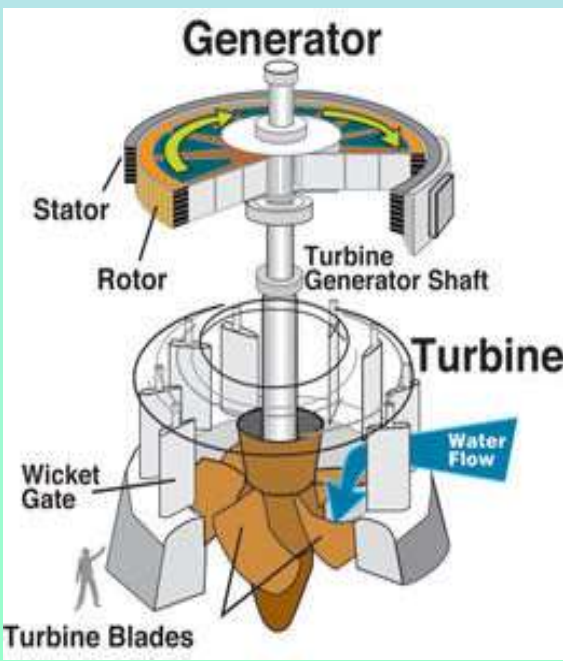
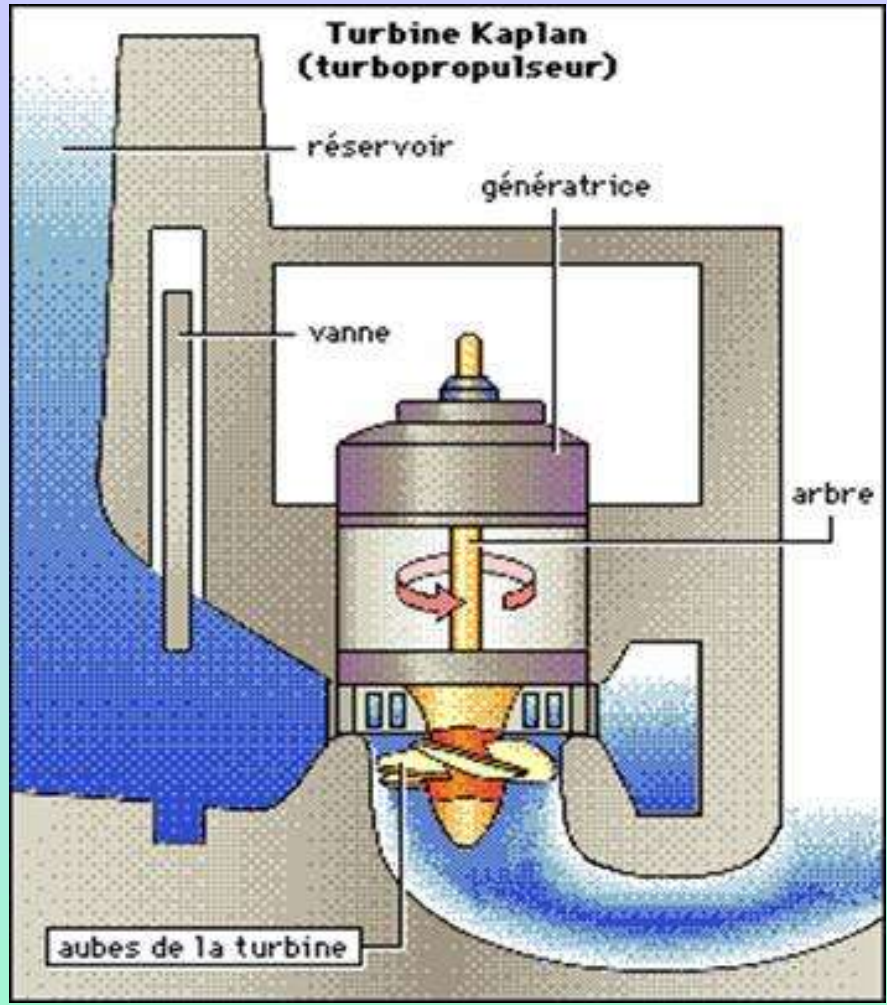
-Número de Comportas: 6
-Altura da Queda d'Água: 9 m
-Tipo: Setor
-Descarga max.: 16.000 m³/s

- **Capacidade Instalada:**

-Número de turbinas: 6
-Tipo: Francis
-Potência por Unidade: 347 MW

- Capacidade Instalada total: 2.082 MW
- Início operação: 1980





Turbinas Kaplan

$$1 < h < 30 \text{ m}$$

$$Q > 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bariri

- Localização:**

Rio Tietê, entre as cidades de Bariri e Boracéia

- Extensão da Barragem:** 856,25 m

- Reservatório:**

- Área: 63 km²
- Cota Máxima: 427,50 metros
- Cota Mínima: 426,50 metros
- Volume Médio de Água acumulado: 60 x 10⁶ m³

- Vertedouro:**

- Número de Comportas: 6 de superfície e 2 de fundo
- Altura da Queda d'Água: 24 m

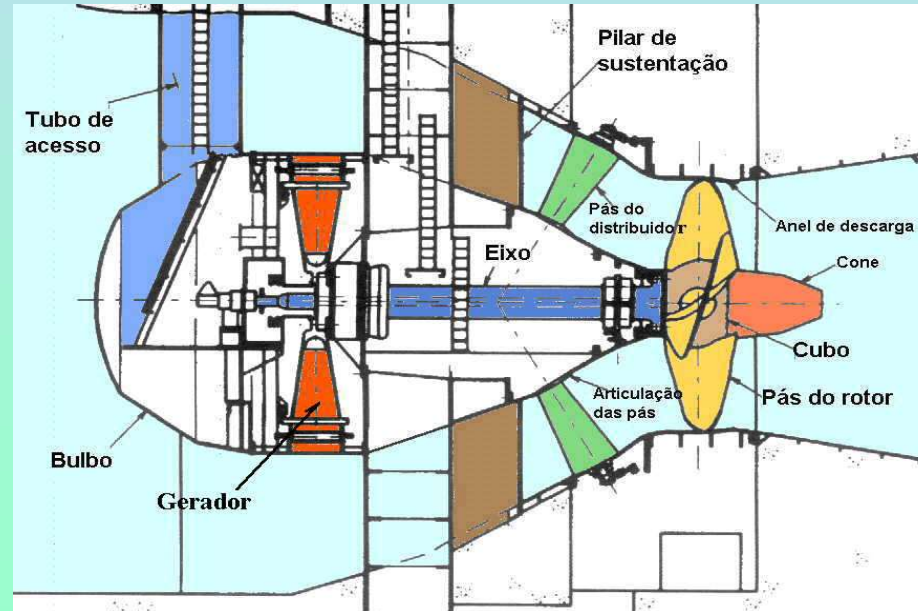
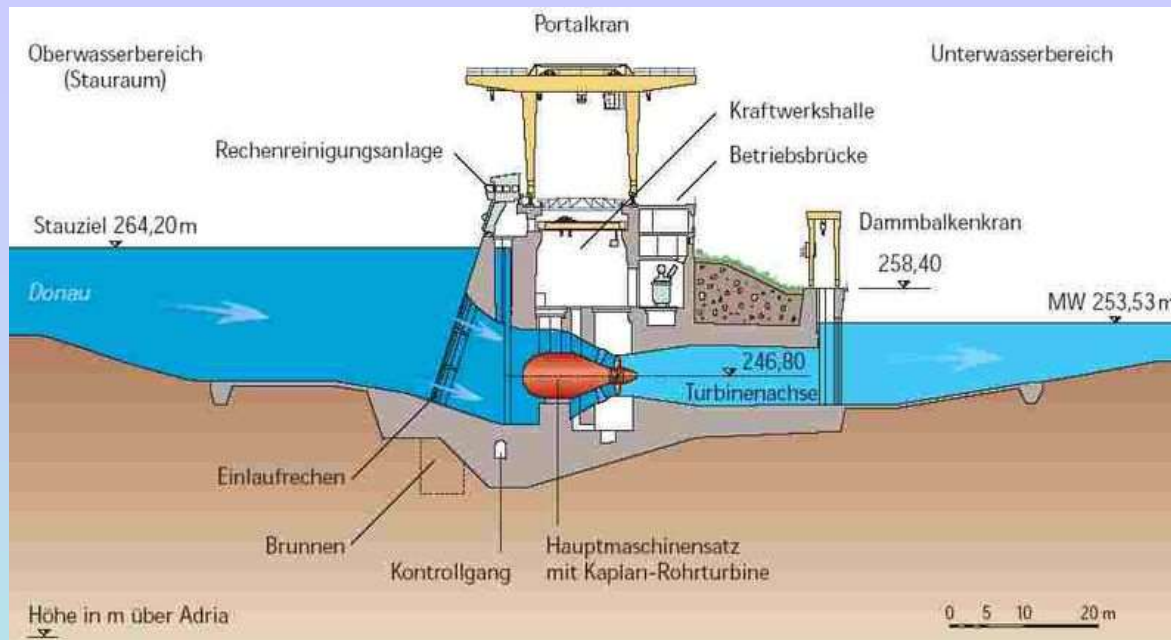
- Capacidade Instalada:**

- Número de turbinas: 3
- Tipo: Kaplan
- Potência por Unidade: 47,7 MW

- Capacidade Instalada total: 143,1 MW

- Início operação: 1965





Turbina Bulbo

Igarapava

- **Localização:**

- Rio Grande, Igarapava - SP

- **Barragem:**

- Comprimento: 865 m
- Altura max.: 32 m

- **Reservatório:**

- Cota Máxima: 512.50 m
- Cota Mínima: 511.00 m
- Volume útil: 234.5 m³

- **Vertedouro:**

- Número de Comportas: 6
- Altura da Queda d'Água: 18 m

- **Capacidade Instalada:**

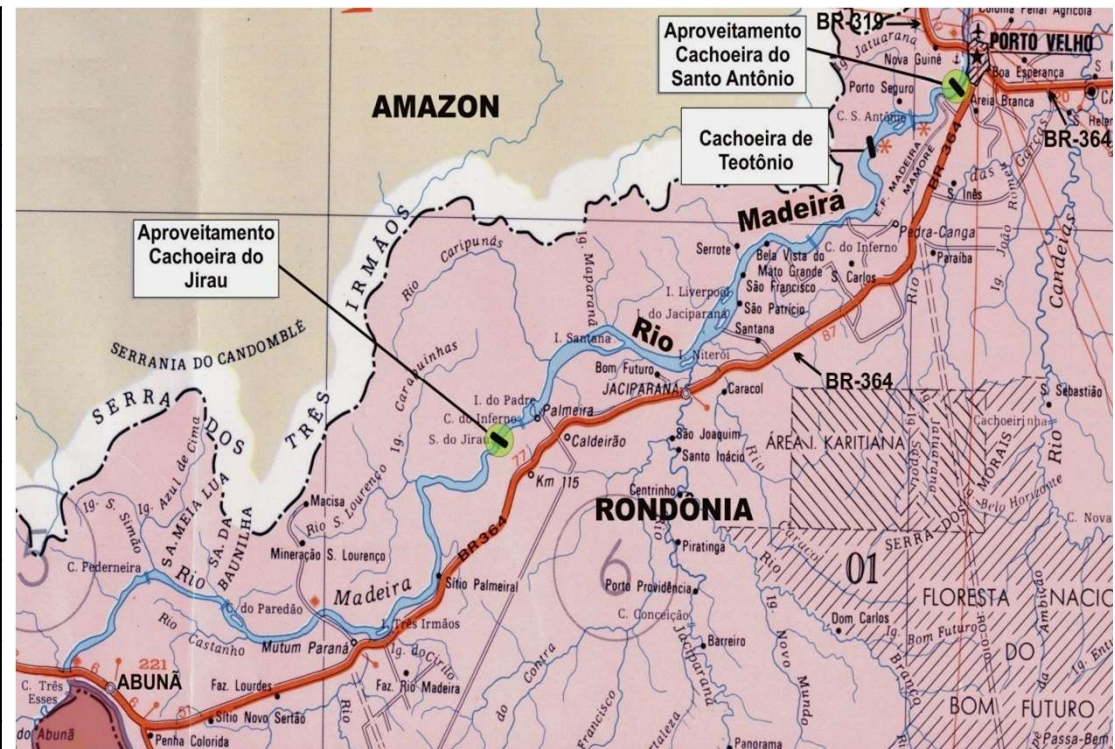
- Número de turbinas: 5
- Tipo: Bulbo
- Potência por Unidade: 42 MW

- Capacidade Instalada total: 210 MW
- Início operação: 1999



Complexo Hidrelétrico do rio Madeira

Características	AHE Santo Antônio	AHE Jirau
NA Máximo Normal	70.00	90.00
Queda Líquida de Referência	13,90	15,10
Área do Reservatório (Km ²)	271,30	258,00
Potência Instalada (MW)	3.580	3.900
Tipo de Turbina	Bulbo	Bulbo
Nº Unidades	50	52
Potência Unitária (MW)	71,6	75
Energia Firme Local (MW médio)	2.188	2.285
Ganho Energia Firme (MW médios)	2.056	2.199
ICB (R\$/MWh) *	55,97	55,88





Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014



Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014





Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014







Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014



Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014



Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014







**Flood in Madeira River -
Feb/March 2014**



Flood in Madeira River – Feb/March 2014



Porto Velho city

Flood in Madeira River – Feb/March 2014



Flood in Madeira River – Feb/March 2014



**Flood in Madeira River -
Feb/March 2014**



Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014



Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014



Fonte: Pesquisa de campo – 20/05/2014



Hoover Dam



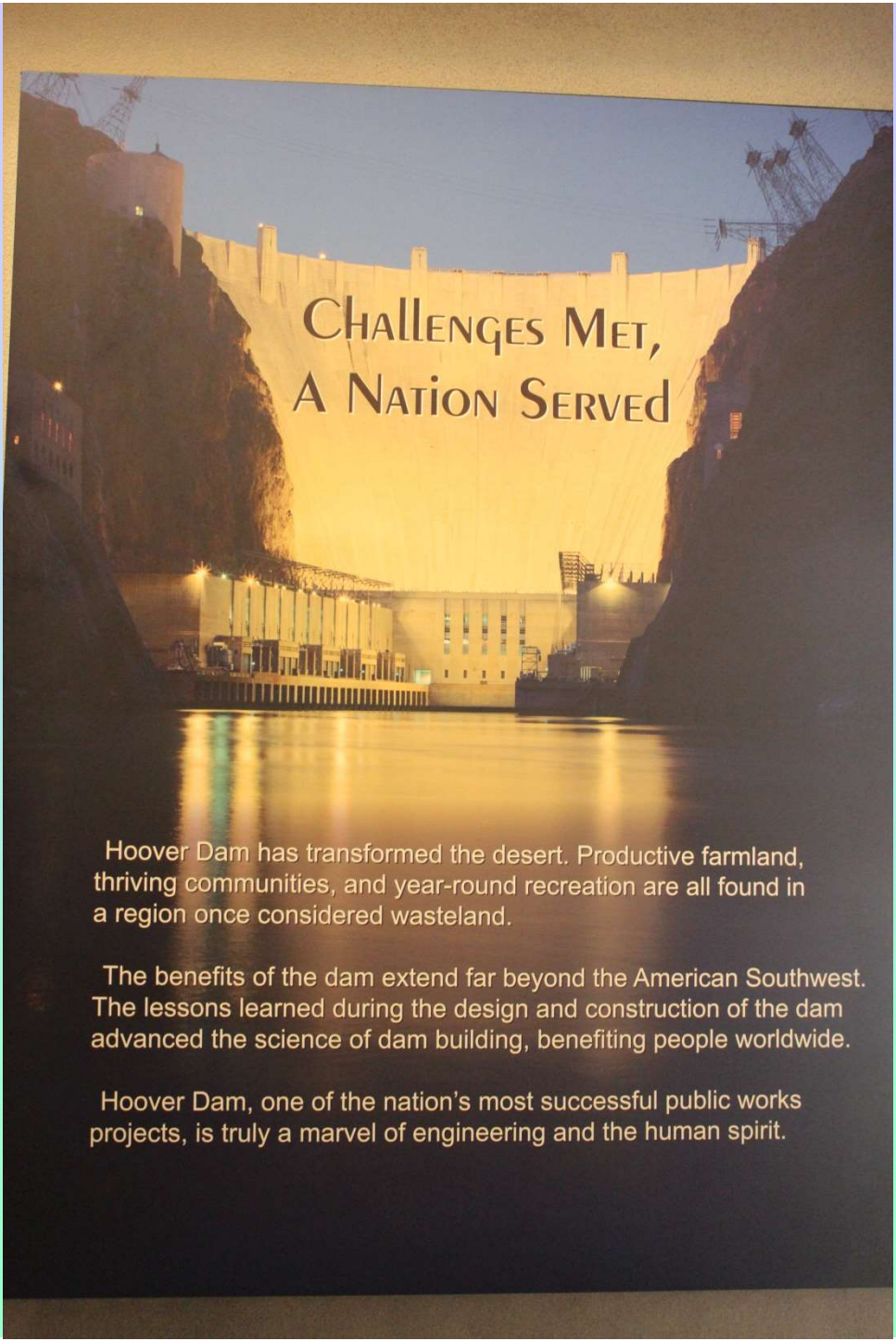
Características:

- . Capacidade instalada: 2.078 MW (19 turbinas, sendo 13 principais Francis de 130MW)
- . Altura da barragem: 221,4 m
- . Largura: 379,2 m
- . Reservatório: 640 km²
- . Volume: 2.480.000 m³
- . Construção: 1931 - 1936

WELCOME TO HOOVER DAM



DO NOT GET
OFF WHILE
IS IN MOT



CHALLENGES MET, A NATION SERVED

Hoover Dam has transformed the desert. Productive farmland, thriving communities, and year-round recreation are all found in a region once considered wasteland.

The benefits of the dam extend far beyond the American Southwest. The lessons learned during the design and construction of the dam advanced the science of dam building, benefiting people worldwide.

Hoover Dam, one of the nation's most successful public works projects, is truly a marvel of engineering and the human spirit.







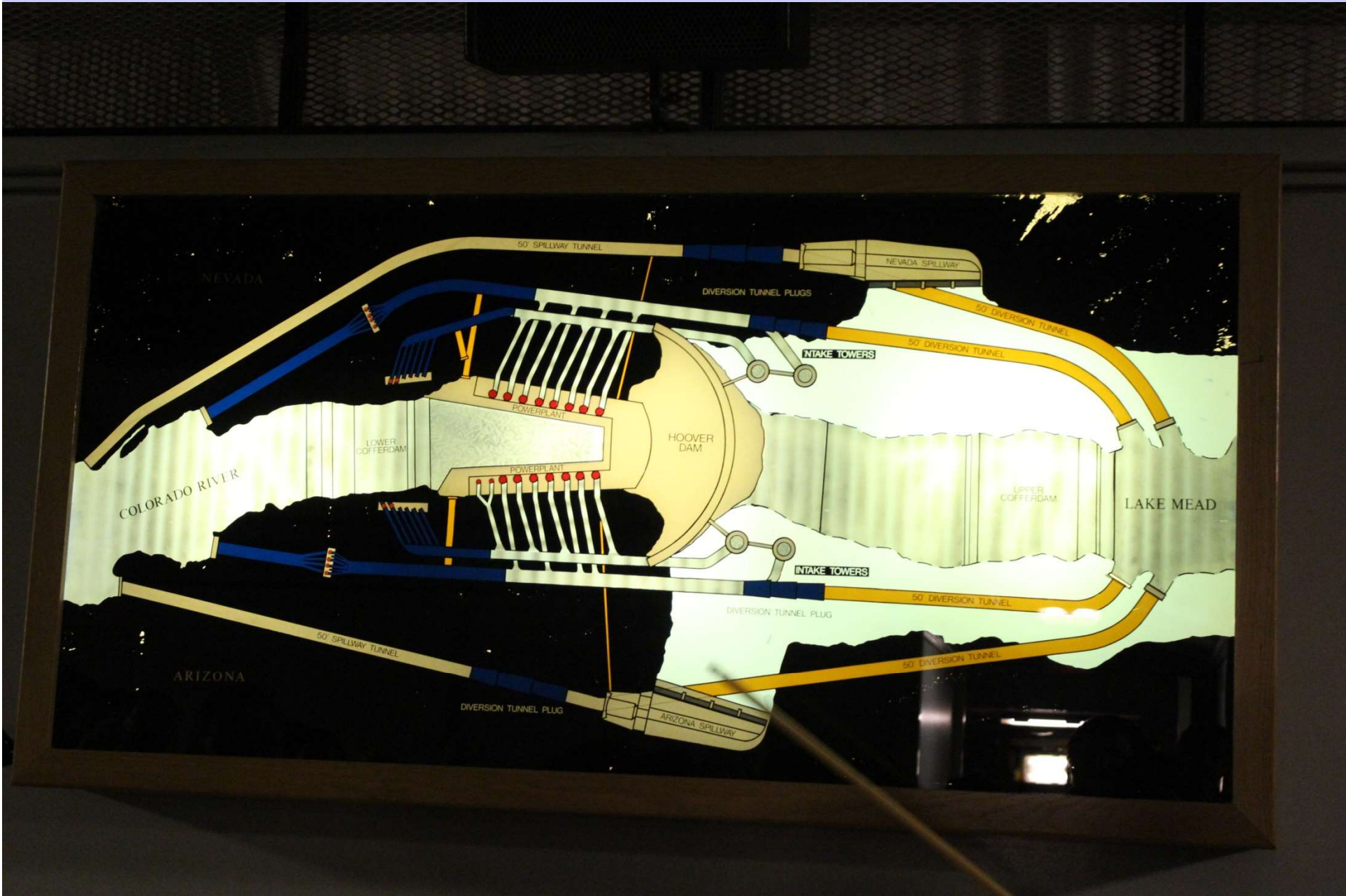


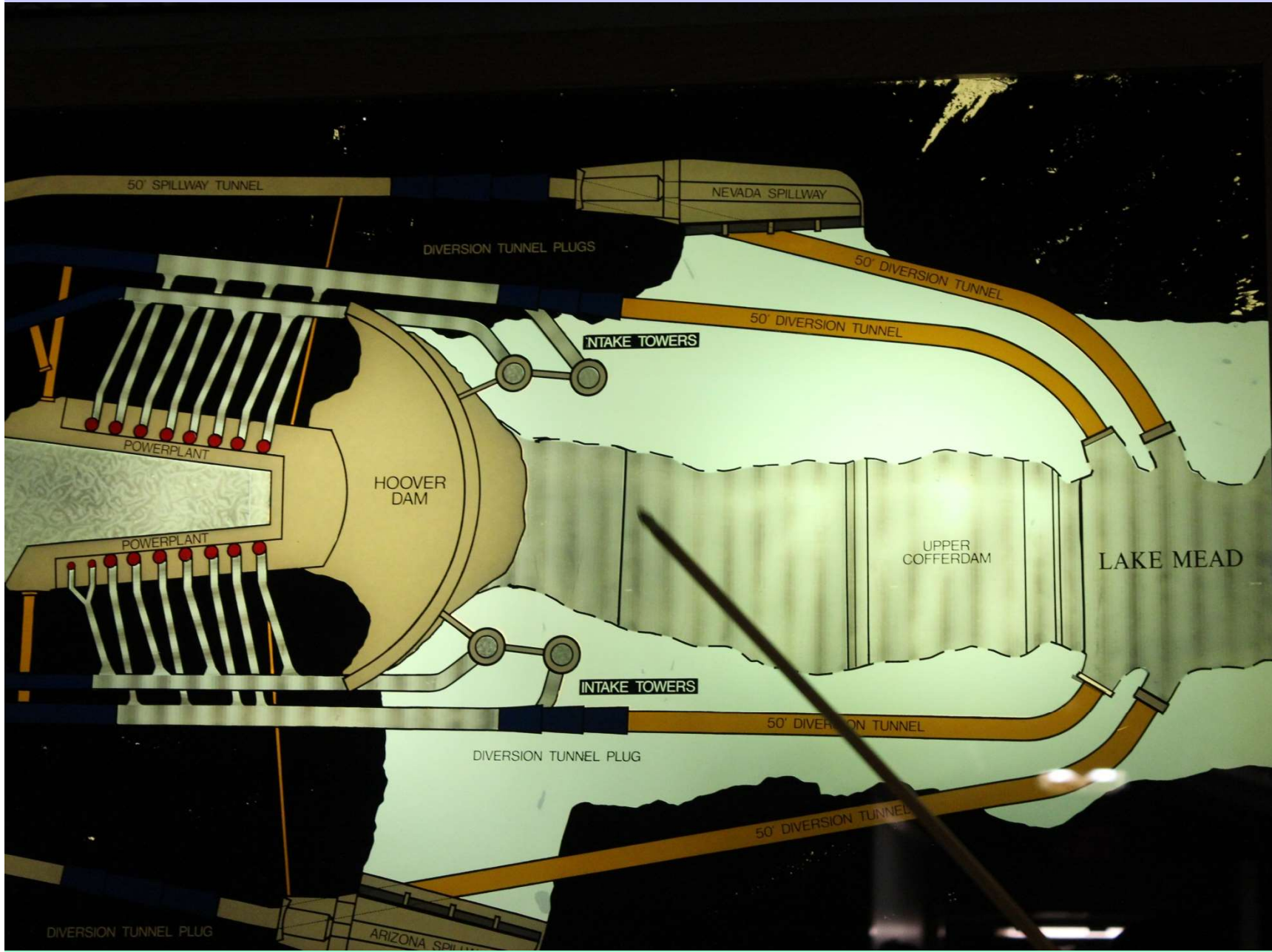










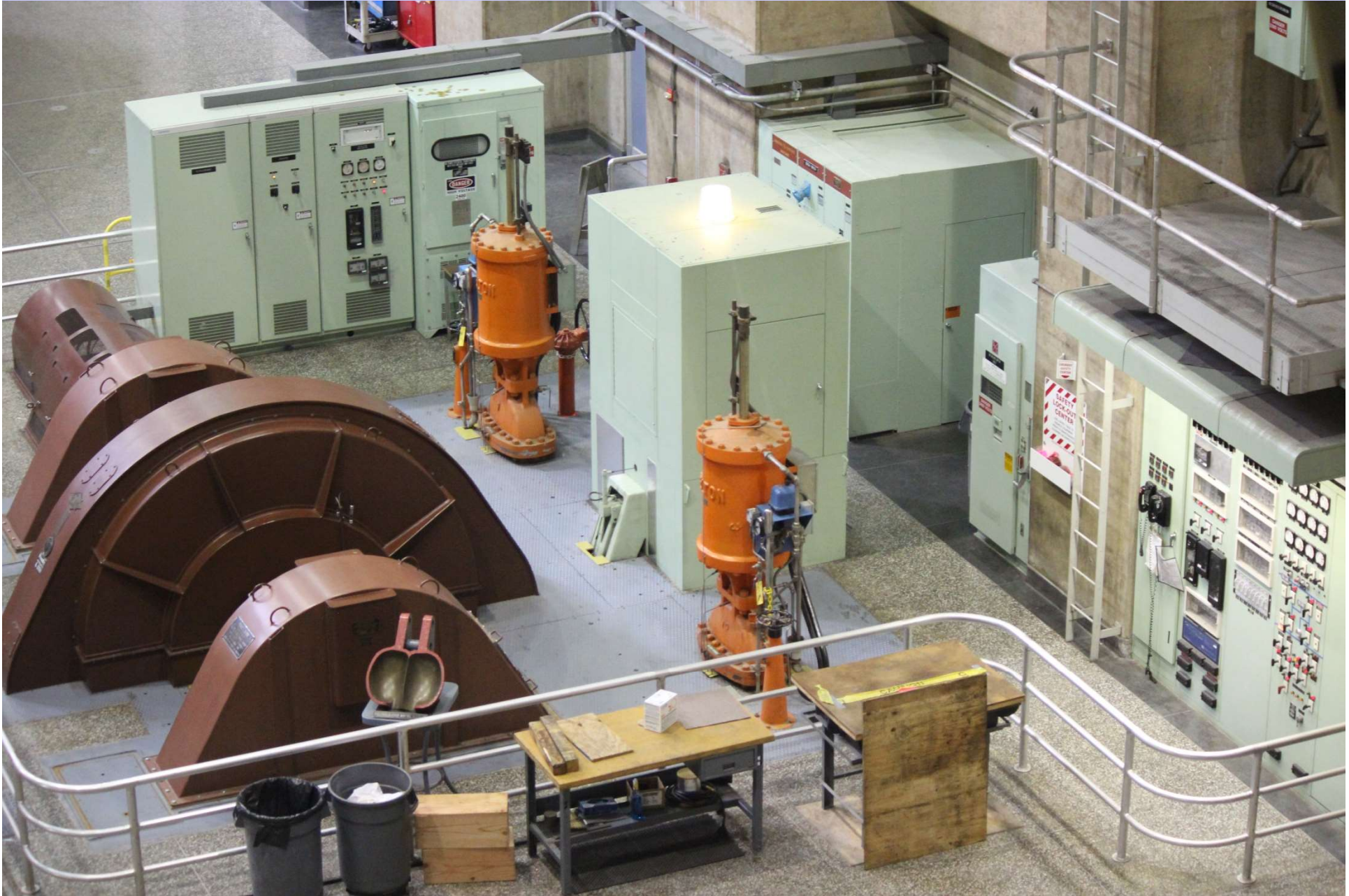




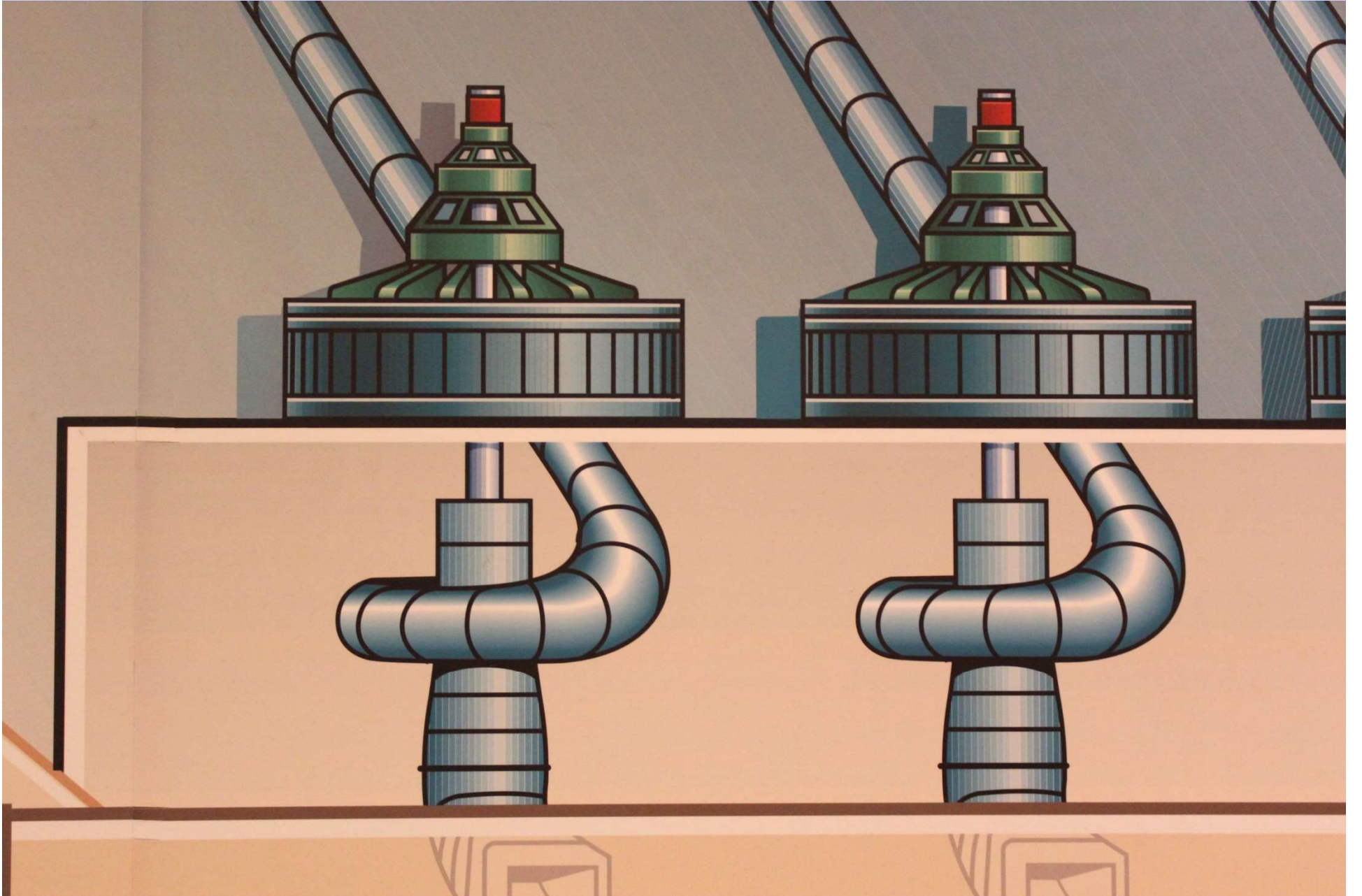














The Dam Rises

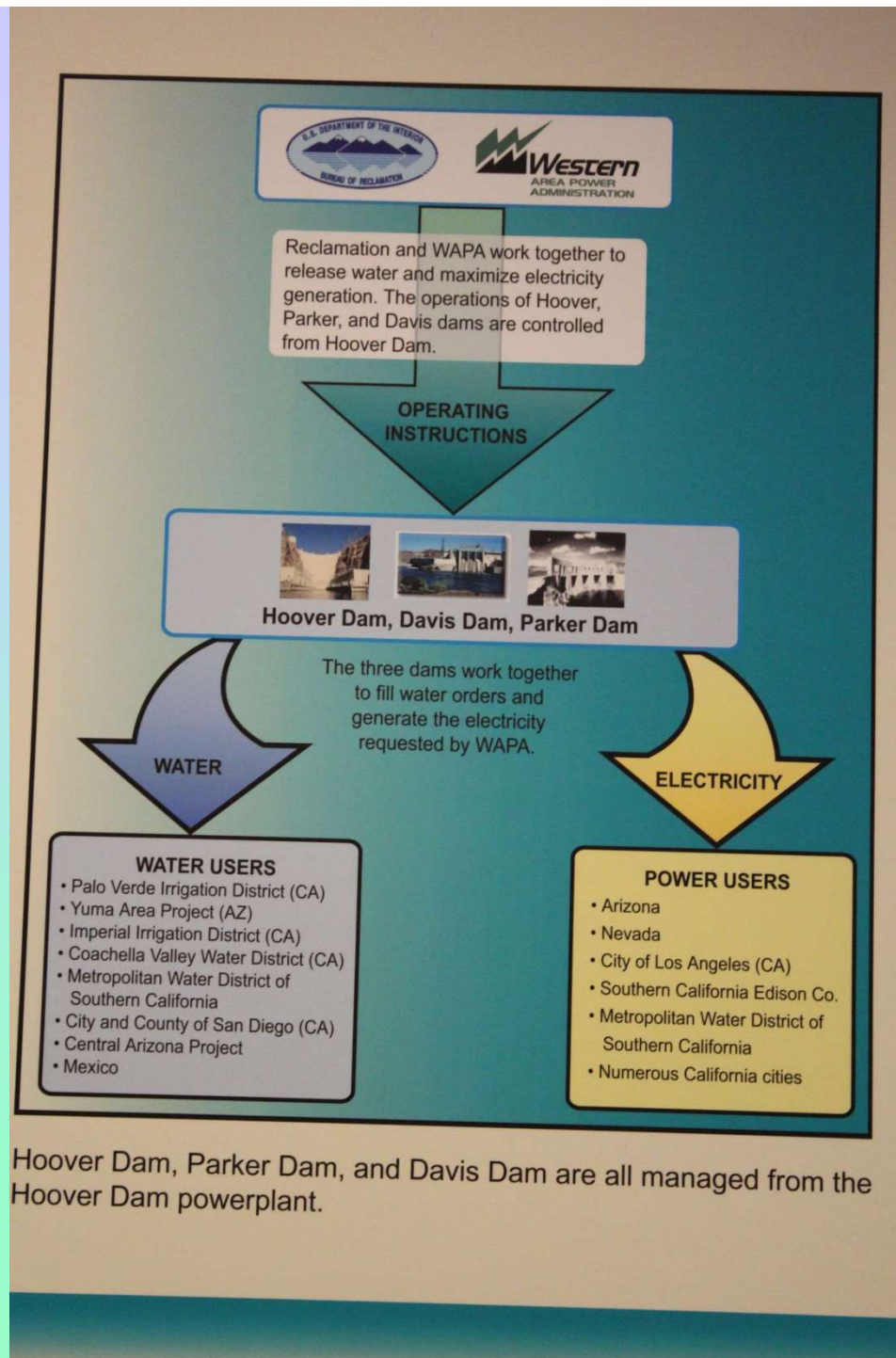
Working 24 hours per day, 363 days per year, construction crews completed the dam more than two years ahead of schedule.



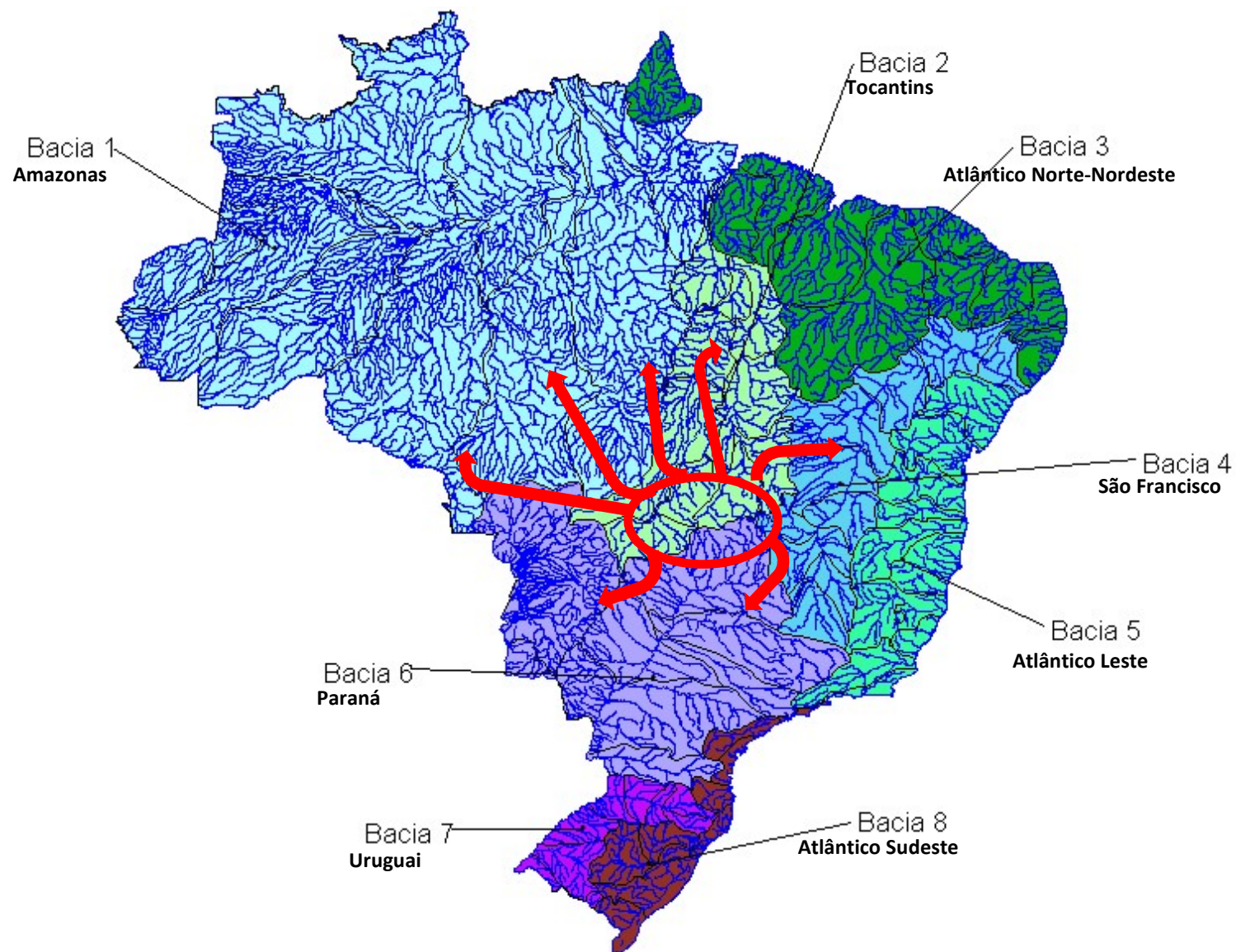
Overtopping em junho de 1983

Dam operators work around the clock to release water to cities, irrigation districts, and other users. Water is not released to produce electricity, electricity is produced as a side benefit of meeting the demand for water.





Bacias Hidrográficas Brasileiras



Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Bacia Hidrográfica (MW)

Estágio / Bacia	Atlântico Leste	Atlântico Norte / Nordeste	Atlântico Sudeste	Rio Amazonas	Rio Paraná	Rio São Francisco	Rio Tocantins	Rio Uruguai	Totais por Estágio
Remanecente	767,4	525	941,06	17.584,46	2.968,96	694	1.779,60	11,7	25.272,18
Individualizado	655,1	181,7	1.090,00	15.391,33	2.143,14	866,98	128	404	20.860,25
Total Estimado	1.422,50	706,7	2.031,06	32.975,79	5.112,10	1.560,98	1.907,60	415,7	46.132,43
Inventário	5.795,78	854,76	1.836,51	38.361,54	9.250,69	3.896,41	7.889,16	4.053,80	71.938,65
Viabilidade	664,9	466	2.218,00	774,00	1.834,03	6.140,00	3.738,00	292	16.126,93
Projeto Básico	821,97	49,69	325,04	949,18	2.241,34	233,73	120,19	450,62	5.191,76
Construção	70,6	224,75	70,08	12.835,30	526,24	59,4	11	151,95	13.949,32
Operação	5.393,94	587,25	3.724,28	10.742,21	43.370,78	10.723,99	13.228,60	6.354,34	94.125,39
Total Geral	14.169,69	2.889,15	10.204,97	96.638,02	62.335,68	22.614,51	26.894,55	11.718,41	247.464,98

Fonte: SIPOT/Eletróbrás, dezembro de 2015.

ESTÁGIOS DE DESENVOLVIMENTO

O valor do potencial hidrelétrico brasileiro é composto pela soma da parcela estimada (remanescente + individualizada) com a inventariada. A parcela inventariada inclui usinas em diferentes níveis de estudos - inventário, viabilidade e projeto básico - além de aproveitamentos em construção e operação.

Remanescente - resultado de estimativa realizada em escritório, a partir de dados existentes, sem qualquer levantamento complementar, considerando um trecho do curso d'água, via de regra situado na cabeceira, sem determinar o local de implantação do aproveitamento:

Individualizado - resultado de estimativa realizada em escritório para um determinado local, a partir de dados existentes ou levantamentos expeditos, sem qualquer levantamento detalhado;

Inventário - resultado de estudo da bacia hidrográfica, realizado para a determinação do seu potencial hidrelétrico através da escolha da melhor alternativa de divisão de queda, caracterizada pelo conjunto de aproveitamentos compatíveis entre si e com projetos desenvolvidos de forma a obter uma avaliação da energia disponível, dos impactos ambientais e dos custos de implantação dos empreendimentos;

Viabilidade - resultado da concepção global do aproveitamento, considerando sua otimização técnico-econômica, compreendendo o dimensionamento das estruturas principais e das obras de infra-estrutura local, a definição da respectiva área de influência, do uso múltiplo da água e dos efeitos sobre o meio ambiente;

Projeto Básico - aproveitamento detalhado, com orçamento definido, em profundidade que permita a elaboração dos documentos de licitação das obras civis e do fornecimento dos equipamentos eletromecânicos;

Construção - aproveitamento que teve suas obras iniciadas, sem nenhuma unidade geradora em operação;

Operação - aproveitamento que dispõe de pelo menos uma unidade geradora em operação. Os aproveitamentos só são considerados nos estágios "inventário", "viabilidade" ou "projeto básico" se os respectivos estudos tiverem sido aprovados pela **ANEEL**.

As informações relativas ao potencial hidrelétrico estão também organizadas sob a forma de diagramas topológicos, que consistem na representação gráfica das posições relativas de todos os locais de aproveitamento armazenados no SIPOT, incluindo o rio, nome do aproveitamento, código de identificação, níveis d'água máximo normal e normal de jusante, unidade da federação, além do estágio de desenvolvimento do aproveitamento.

Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)

Características (conforme REN ANEEL N° 673 de 04/08/2015):

- . Potência entre 5 e 30 MW
- . Reservatório menor que 13 km²

Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs)

Características:

- . Potência até 3 MW

Situação das PCHs existentes no Brasil até 1997

Situação	Quantidade	Cap.Total instalada [MW]	Cap. Média instalada [MW]
Em operação	331	604,6	1,83
Em recapacitação	3	7,8	2,59
Reativação	7	16,5	2,36
Abandonadas	428	154,5	0,36
Desconhecidas	1089	327,9	0,30
Total	1.858	1.111,3	0,59

Fonte: Amaral (1997, p.5)

Conforme dados da EPE/MME para 31/12/2006, as PCHs em operação no Brasil possuem um total de 2.023 MW, sendo que 253 PCHs somam 1.277 MW no sistema interligado nacional.

Repotenciação de PCH's em operação: a média de idade das centrais em operação é de 60 anos. Dessa forma, a reabilitação com redefinições de unidades geradoras poderá agregar cerca de 200 MW em curto espaço de tempo;

Reativação de PCH's: existem cerca de 600 centrais desativadas com as instalações em condições de serem reformadas, com baixo custo de implantação, representando a possibilidade de mais 120 MW de capacidade instalada.

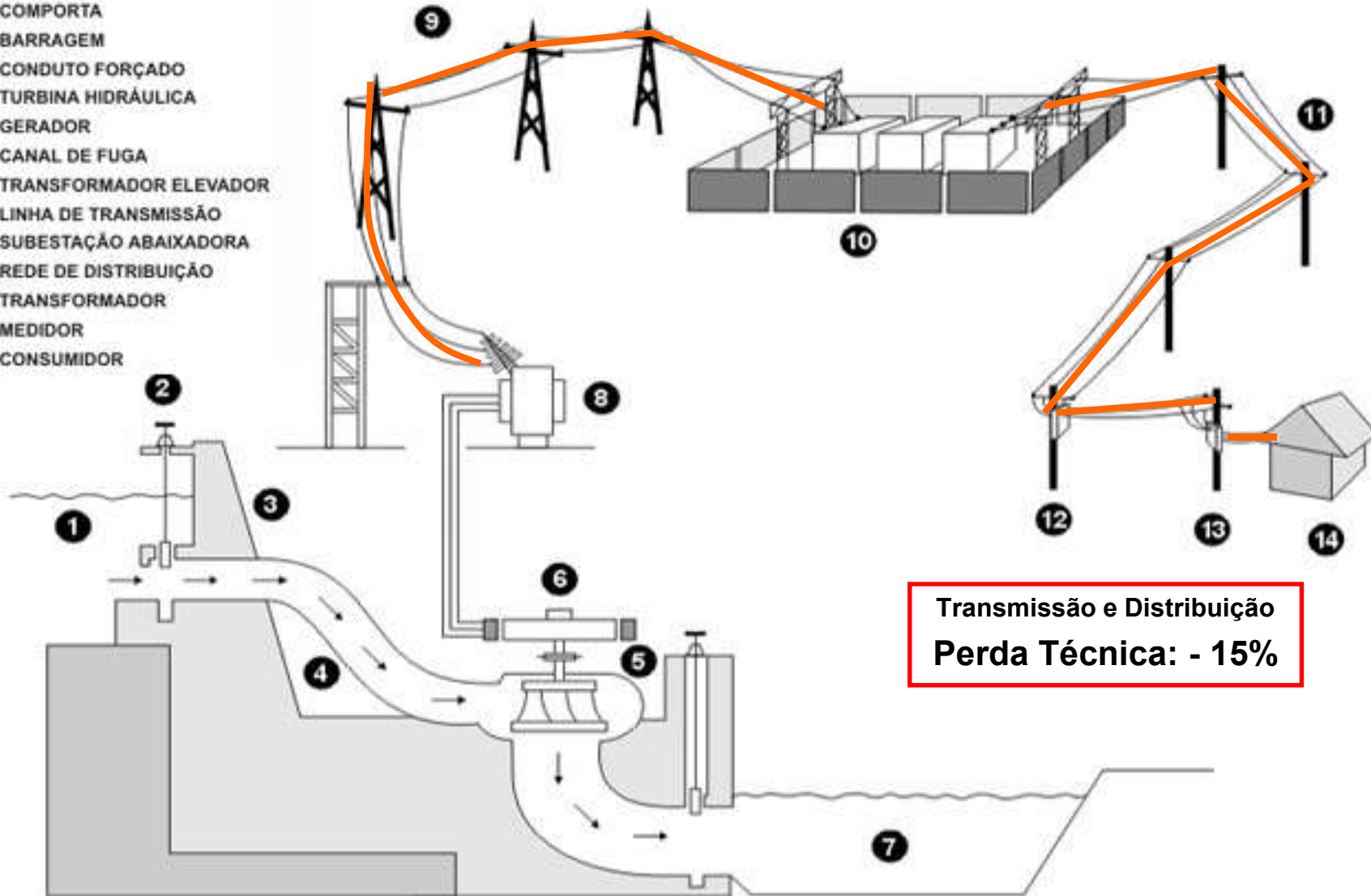
Situação das PCHs existentes no Brasil até 2009

Situação		PCH			
		2008		2009	
		Qtd	MW	Qtd	MW
Em Operação		310	2.209	358	3.018
Em Construção		77	1.264	73	998
Autorização (outorgados)		161	2.396	145	2.067
Inventariado	Em processo de elaboração	169	-	470	1.042
	Em processo de aceite	20	560	52	560
	Em processo de Análise	86	1.775	129	4.443
	Disponíveis	484	2.649	396	8.738
Projeto Básico	Em processo de Registro	215	1.421	133	
	Em processo de aceite	30	385	59	317,37
	Em processo de análise	282	3.525	48	697,40
	Em processo de análise (SEM Licenciamento Ambiental)			295	574,95
TOTAL		1.834	16.184	2.158	22.455,72

Fonte: Aneel , 2009.

USINA HIDRELÉTRICA

- 1 RESERVATÓRIO
- 2 COMPORTA
- 3 BARRAGEM
- 4 CONDUITO FORÇADO
- 5 TURBINA HIDRÁULICA
- 6 GERADOR
- 7 CANAL DE FUGA
- 8 TRANSFORMADOR ELEVADOR
- 9 LINHA DE TRANSMISSÃO
- 10 SUBESTAÇÃO ABAIXADORA
- 11 REDE DE DISTRIBUIÇÃO
- 12 TRANSFORMADOR
- 13 MEDIDOR
- 14 CONSUMIDOR



Transmissão e Distribuição
Perda Técnica: - 15%

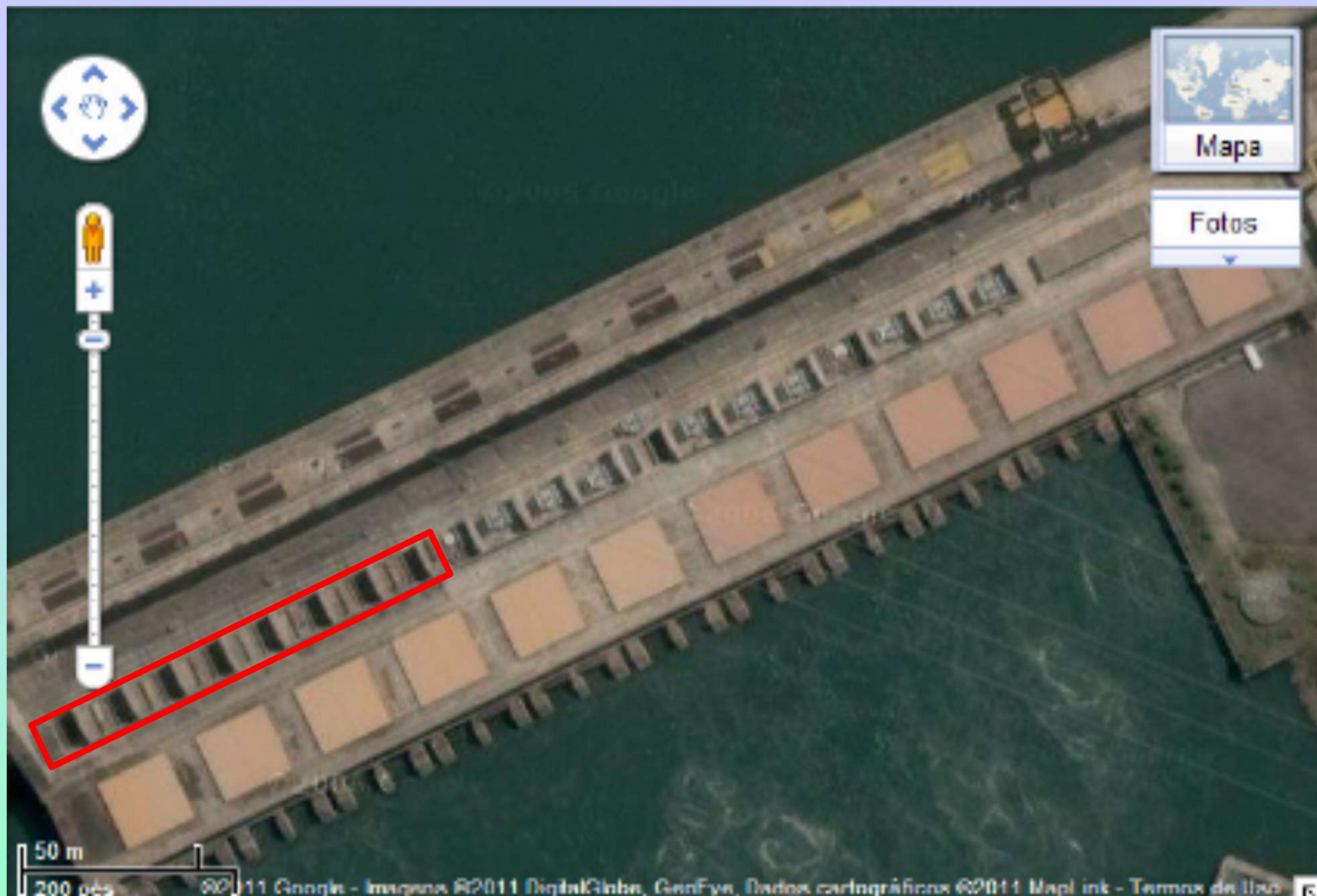
+ 70 usinas c/ + 20 anos: **Repotenciação**



UHE de Itaparica (Luiz Gonzaga) – Rio S. Francisco



UHE de Itaparica (Luiz Gonzaga) – Rio S. Francisco



UHE de Itaparica (Luiz Gonzaga): projetada para 2.500 MW (10 x 250 MW)

capacidade atual: 1.500 MW (6 x 250 MW)

E as outras 4 turbinas?



UHE Xingó (Rio S. Francisco)



UHE Xingó (Rio S. Francisco)



UHE de Xingó: projetada para 5.000 MW (10 x 500 MW)
capacidade atual: 3.000 MW (6 x 500 MW)
E as outras 4 turbinas?

Hidroeletricidade: Aspectos sócio-ambientais



Barragem de Kossou, no rio Bandama (Costa do Marfim). O lago tem superfície de 1.500 km². A obra foi feita em 1969-1971 e expulsou 75.000 pessoas de cerca de 200 vilas. No país vizinho Gahna, se encontra o maior lago artificial do mundo (lago Volta), com 8.482 km² formado pela barragem da usina Akossombo.

Fonte: foto de Yann Arthus-Bertrand, extraída do livro "La Terre Vue du Ciel", Ed. Subervie, s/d.



Vista do rio Nilo (Egito) coberto pelo Jacinto d'água (*Eicchornia crassipes*), vegetal aquático que prolifera em águas com excesso de matéria orgânica resultante da ausência de saneamento através do tratamento de esgotos. Sua presença massiva engendra o processo de eutrofização, com a redução de oxigênio, provocando a mortandade da ictiofauna e a má qualidade da água para irrigação agrícola, além de dificuldades para atividades de transporte fluvial.

Fonte: foto de Yann Arthus-Bertrand, extraída do livro "La Terre Vue du Ciel", Ed. Subervie, s/d.



Natureza morta no lago artificial produzido pela hidrelétrica Balbina, que inundou 2,6 mil quilômetros de florestas nativas. Foto: Ed Ferreira/AE



Usina de Balbina, lago de 3.147 km² no rio Uatumã (AM).

Fonte: Glenn Switkes – IRN, 2008.

Disponível em: <http://salsa.democracyinaction.org/o/2486/images/Climate/BalbinaJunglenewsFlickr.jpg>

Pontos Críticos nos Lagos de Barragem

Vertedouros

- limite de armazenamento
- acidez, abrasivos
- desgaste de partes metálicas

- Insetos
- Energia "desperdiçada"
- Desgaste estrut. dissipação
- Poluição vertida + turbinada
- " máquinas + subestação
- Terminal dos peixes que sobem o rio

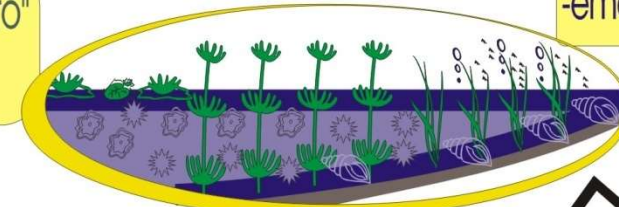
Remansos

- "paliteiro" algas

- eutrofização - fosf., nitr.
- poluição orgânica org-metálicos

- emissão de H_2S e CH_4

- insetos e caramujos - vetores



- desmatamento vertentes
- mecanização agrícola
- cortes, aterros, deslizamentos
- esgotos, agroquímicos

- escurecimento + esfriamento - ausência de Oxigênio
- fermentação anaeróbica - gases tóxicos
- entupimento - perda de cap. armazenamento
- sobre pressão na crosta - tremores

CorelDRAW!

CD 4 111 143 244

Claudio Fernández

Tabela: Dados de 25 das maiores usinas hidrelétricas do Brasil

Usina	Rio	Estado	N. de pessoas relocadas	Área do reservatório(ha)	Capacidade instalada((MW)	ha/MW	N de pessoas/MW
Balbina	Uatumã	AM	1100	314700	250	1258,80	4,40
Bocaina	Paranaíba	MG	1000	43900	150	292,67	6,67
Cachoeira Porteira	Trombetas	PA	8000	91100	1400	65,07	5,71
Castanhão	Jaquaribe	CE	12000	22900	75	305,33	160,00
Furnas	Grande	MG	8500	144000	1216	118,42	6,99
Garabi	Uruguai	RS	15000	81000	1800	45,00	8,33
Igarapava	Grande	MG	75	3896	210	18,55	0,36
Irapé	Jequitinhonha	MG	3000	13700	360	38,06	8,33
Itá	Uruguai	RS/SC	19200	10300	1620	6,36	11,85
Itaipú	Paraná	PR	42400	135000	12600	10,71	3,37
Itaparica	São Francisco	BA/PE	40100	83400	2500	33,36	16,04
Itumbiara	Paranaíba	GO/MG	3700	76000	2080	36,54	1,78
Miranda	Araguari	MG	535	5061	390	12,98	1,37
Moxotó	São Francisco	AL/BA/PE	1000	8800	2440	3,61	0,41
Nova Ponte	Araguari	MG	5000	44300	510	86,86	9,80
Paulo Afonso-IV	São Francisco	BA	52000	1600	3984	0,40	13,05
Salto Santiago	Iguaçu	PR	1500	22500	2000	11,25	0,75
Samuel	Jamari	RO	1800	57900	216	268,06	8,33
São Simão	Paranaíba	MG/GO	14000	68000	2680	25,37	5,22
Segredo	Iguaçu	PR	2700	8200	1260	6,51	2,14
Serra da Mesa	Tocantins	GO	6800	178400	1200	148,67	5,67
Sobradinho	São Francisco	BA/PE	72000	412400	1050	392,76	68,57
Três Irmãos	Tietê	SP/MS	1600	82000	1292	63,47	1,24
Tucuruí	Tocantins	PA	23900	225000	4200	53,57	5,69
Xingó	São Francisco	AL/SE	150	6000	3000	2,00	0,05

Fonte: PALMIER, L.R. & VIEIRA, C.P. – Limitações do uso de índices para distinção de barragens ambientalmente sustentáveis.

In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vitória-ES, ABRH, nov./2007.



As torres da Igreja de Itá, o primeiro município brasileiro totalmente coberto pelas águas de uma barragem Foto: Miriam Prochnow

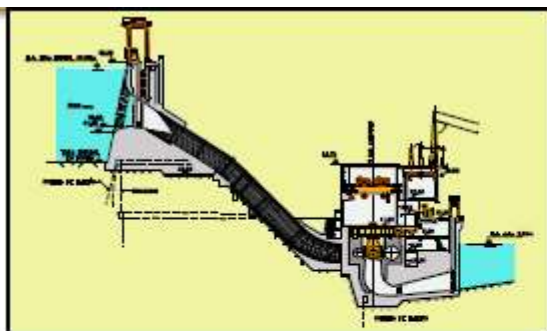
Usinas Hidrelétricas e a questão social:

- Falta de critérios para identificação de atingidos por barragens**
- Insuficiência do conteúdo social no EIA/RIMA**
- Precariedade do cadastro socioeconômico**
- Falta de informações à população afetada**
- Fragilidade do processo de negociação entre empresas concessionárias e atingidos**
- Precariedade dos acordos entre concessionárias e atingidos**
- Falta de critérios para reassentamento/indenização**
- Ausência de condicionantes sociais em financiamentos a novos empreendimentos hidrelétricos**

A UHE BELO MONTE NO RIO XINGÚ (PA)

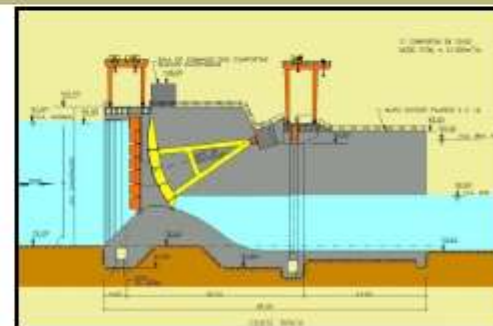
AHE BELO MONTE

Dados Técnicos



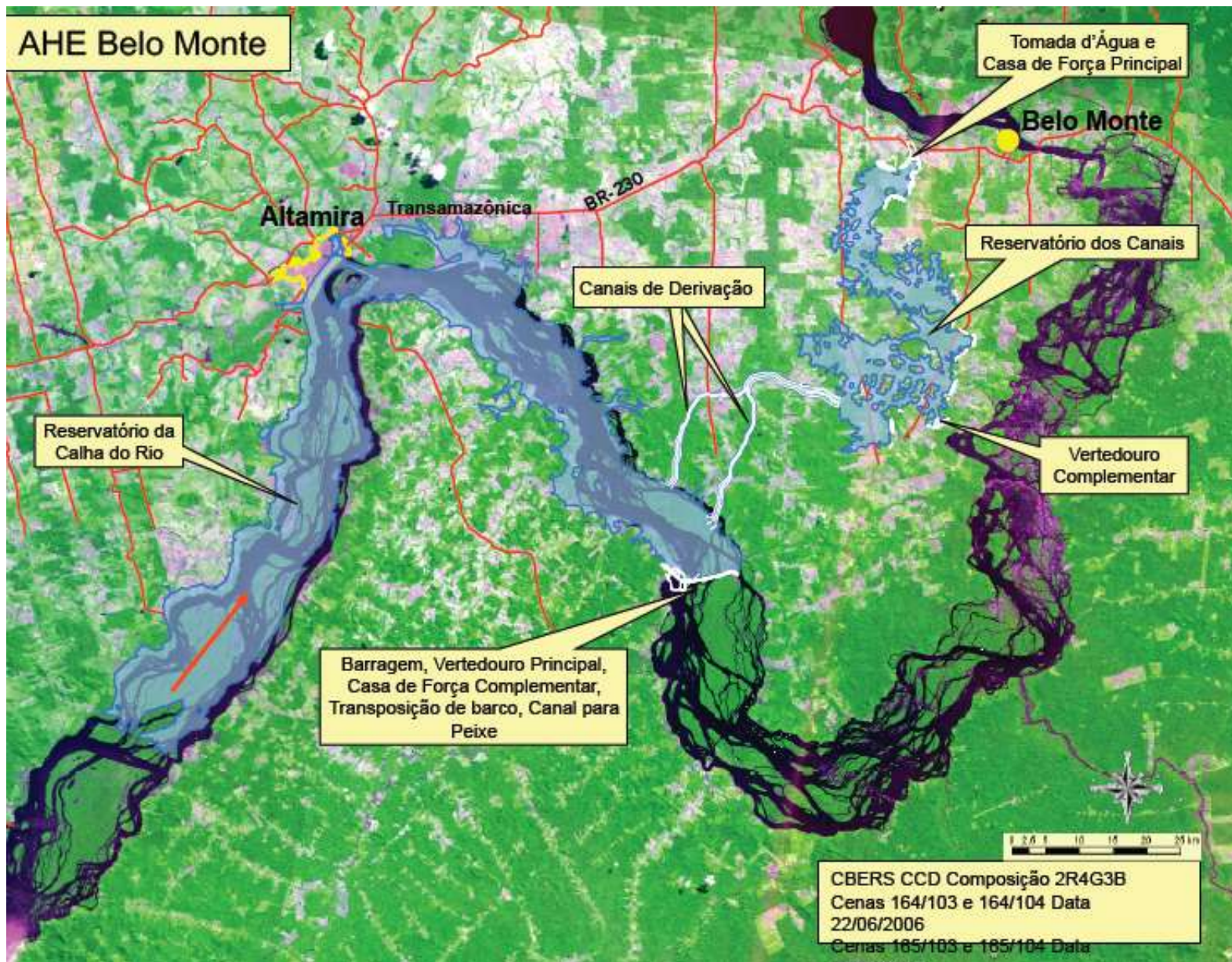
02 Casas de Forças:
Principal = 18 Francis de 611 MW = 11.000 MW
Garantia Física = 4.418,9 MW médios
Complementar = 6 Bulbo de 38,9 MW = 233,1 MW
Garantia Física = 152,1 MW

02 Vertedouros:
Principal = 17 comportas = 47.400 m³/s
Complementar = 4 comportas = 14.600 m³/s



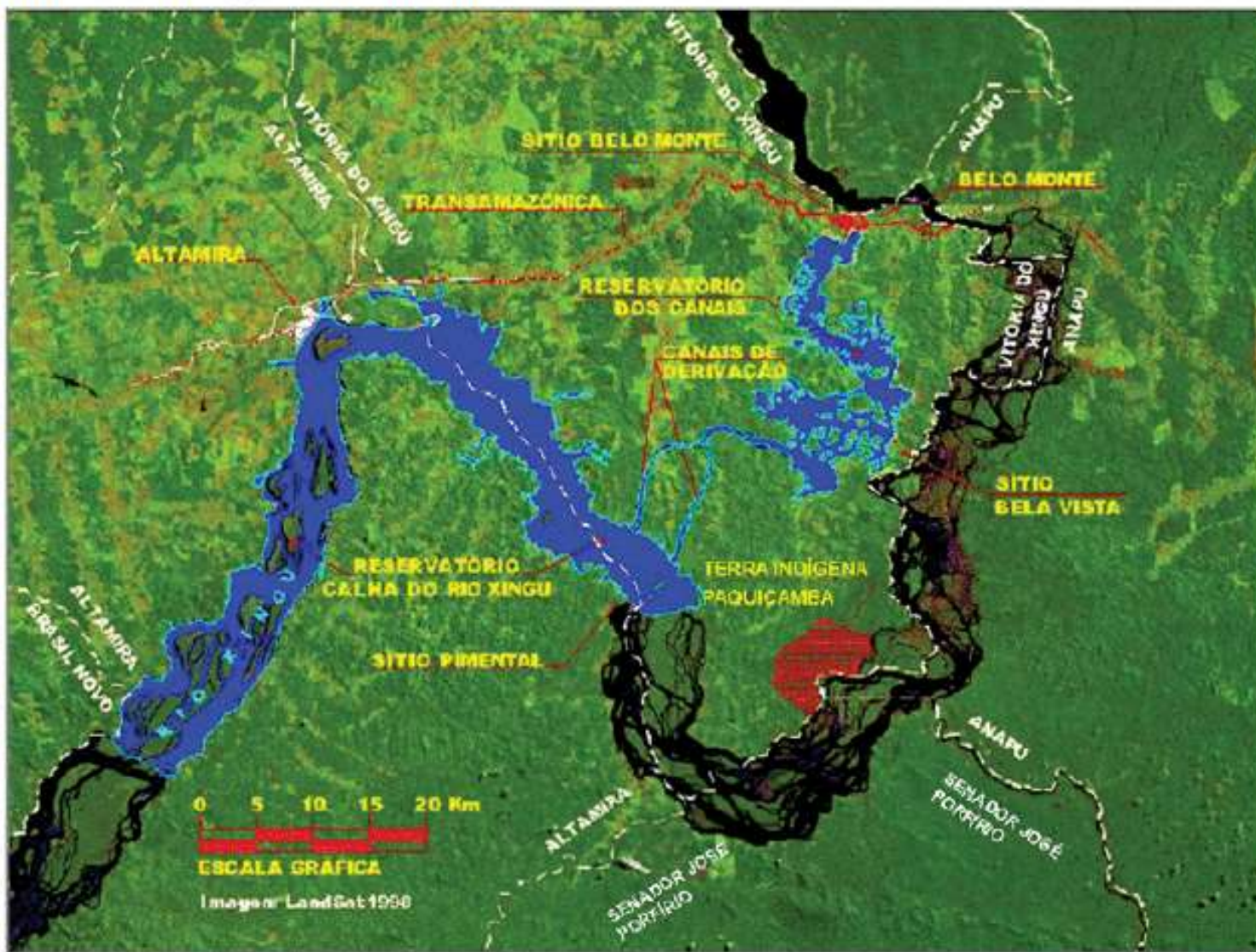
Barragem Sítio Pimental:
Altura Máxima = 36 m
Comprimento = 6.700 m
Crista da Barragem = 10 m

02 Reservatórios:
Xingu = 382 km² e Canais = 134 km²
Total = 516 km², sendo 211 km² a calha do rio
Cota do reservatório = 97 m



Fonte: Apresentação ENGEVIX, junho 2010.

ARRANJO GERAL, CONFORME EVTE - Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica



Fonte: Apresentação ENGEVIX, junho 2010.

**ARRANJO GERAL OTIMIZADO
APÓS LEILÃO**



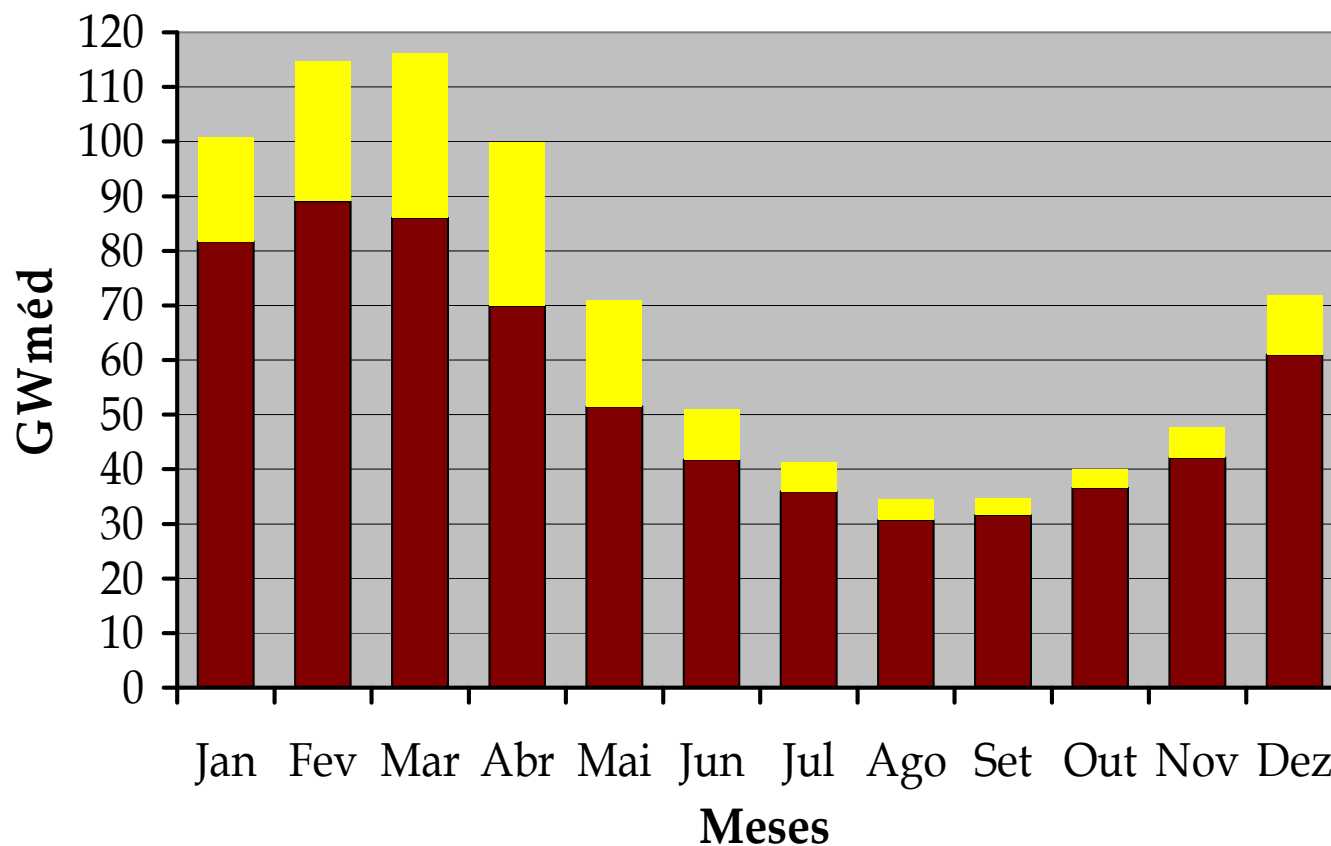
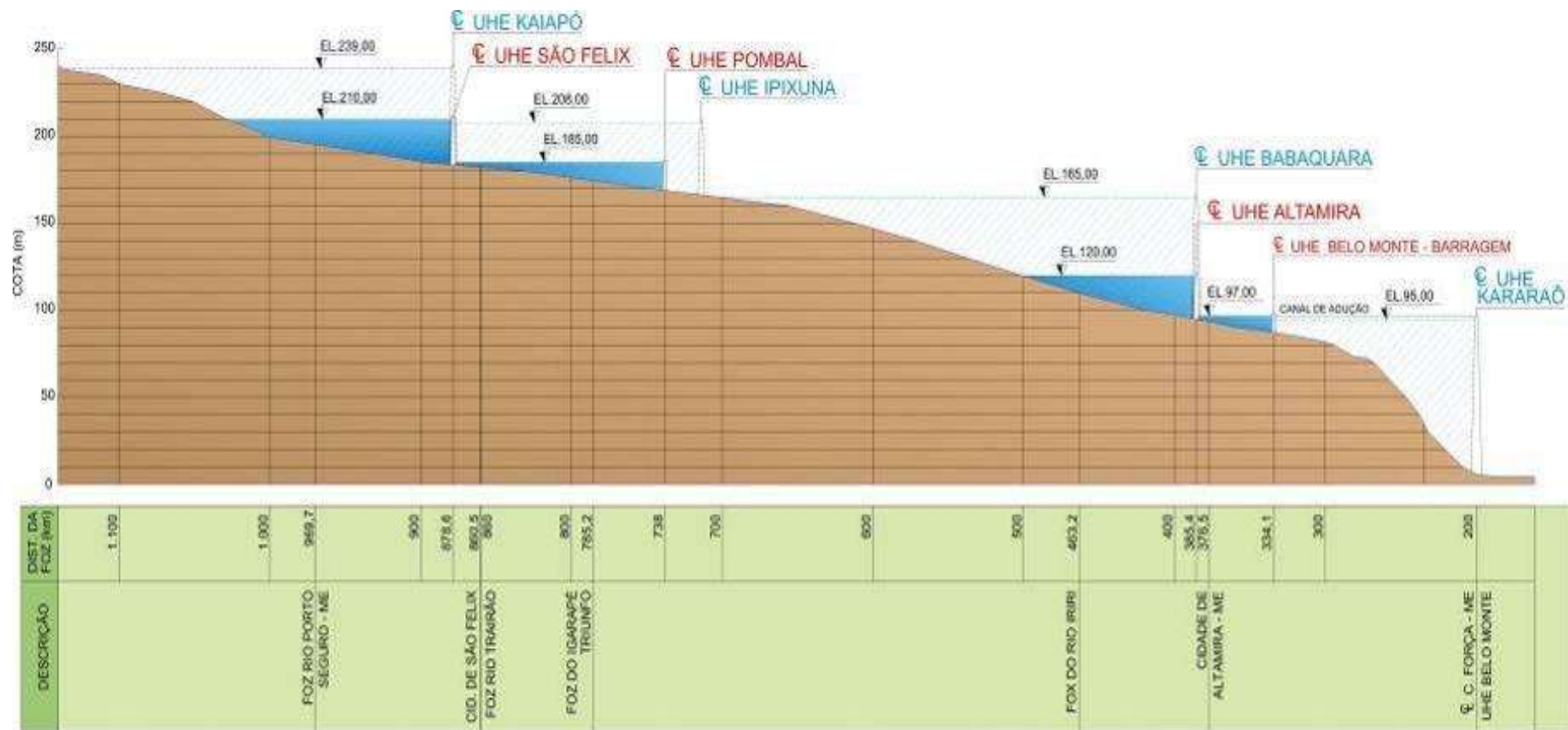


Gráfico 1: Energia Afluente de origem hidrelétrica.

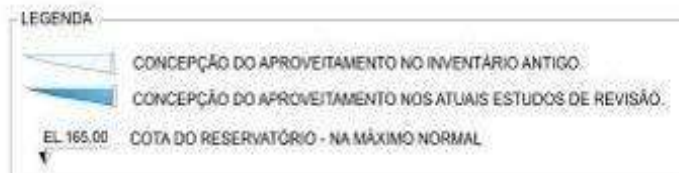
Em vermelho o existente, em amarelo a contribuição de novos projetos na Amazônia

Fonte: CASTRO, Nivalde José de, BRANDÃO Roberto, DANTAS Guilherme de A. **A Competitividade da Bioeletricidade e a Metodologia dos Leilões**. GESEL – Grupo de Estudos do Setor Elétrico Energia Nova. Rio de Janeiro, Agosto de 2009.

- O projeto da Usina de Belo Monte é tecnicamente inviável, pois a potência instalada prevista, de 11.233 MW, só estará disponível durante tres a quatro meses.
- No período de setembro/outubro (estiagem), a vazão de água disponibilizará apenas cerca de 1.100 MW.
- O ganho de garantia física, de apenas 4.462 MW médios (1/3 do total), inviabiliza financeiramente o projeto.



PERFIL COM A COMPARAÇÃO ENTRE A ALTERNATIVA DE DIVISÃO DE QUEDA 1 DOS ATUAIS ESTUDOS E DO ESTUDO ANTIGO DE INVENTÁRIO





First Xingu River's Indigenous People Meeting (February 1989), in Altamira (PA).



“STOP BELO MONTE DAM”

Source: <http://apatrulhadalama.blogspot.com.br/2012/06/parem-belo-monte-usina-enfrenta.html>



Source:
<http://www.ips.org/TV/rio20/belo-monte-e-uma-ferida-aberta-na-amazonia/>



Source: <http://www.ips.org/TV/rio20/belo-monte-referencia-internacional-do-movimento-contra-barragens/>

Xingu Riverside Settlement's Demonstration, June 2012

A última “fantasia” do governo brasileiro:

USINAS-PLATAFORMA

Eletrobrás 
apresenta

conteúdo
especial
publicitário



Um novo conceito em hidrelétricas

Como o Sistema Eletrobrás usou o modelo de exploração
de petróleo em alto-mar para planejar as usinas do Tapajós

Ministério de
Minas e Energia



Hidrelétricas do bem

O conceito das usinas-plataforma harmoniza a construção e a operação de hidrelétricas com a conservação do meio ambiente. Acompanhe as principais etapas desse projeto



Quedas-d'água no local escolhido

Menos gente

Na implantação das usinas-plataforma, a população do entorno é 2/3 menor que a de uma hidrelétrica comum



Corte de árvores é mínimo



Canteiro é desmontado após conclusão



Mata é quase toda recomposta

1 DESMATAMENTO CIRÚRGICO

A preparação da obra começa com intervenção mínima na natureza, restrita à área da usina. Não haverá grandes canteiros de obras associados a vilas residenciais para os trabalhadores, como no método tradicional

2 TRABALHO POR TURNOS

Ao longo da construção, as equipes de funcionários se revezam em turnos longos, a exemplo das plataformas de petróleo. O pessoal que estiver no turno ficará acomodado em alojamentos temporários no local da obra

3 RECOMPOSIÇÃO DO LOCAL

Na conclusão da hidrelétrica, o canteiro de obras será totalmente desmontado. Todos os equipamentos, construções e trabalhadores que não forem essenciais e indispensáveis à operação da usina serão retirados do local

4 REFLORESTAMENTO RADICAL

Paralelamente, será iniciada a recuperação do ambiente. A área será reflorestada, voltando quase a ser como era antes. Na operação da usina, o trabalho por turnos continua, com o transporte do pessoal feito, prioritariamente, por helicóptero

Fonte: ELETROBRÁS. "Um novo conceito em Hidrelétricas", produzido pelo estudio njovem da Editora Abril, s/data, 4 páginas.

Nova fronteira energética

O Complexo do Tapajós terá 10.682 MW de potência instalada e irá produzir 50,9 milhões de MWh/ano, valor superior ao da energia pertencente ao Brasil gerada pela usina de Itaipu

Onde fica

A **Bacia do Rio Tapajós** está localizada, predominantemente, no estado do Pará e é formada pelos rios Tapajós e Jamanxim



- Terras indígenas
- Unidades de conservação
- Área militar

USINA SÃO LUIZ DO TAPAJÓS

- 722,25 km²
- 35,9 m
- 6.133 MW
- 31 turbinas Kaplan de 198 MW e 2 turbinas Kaplan de 109,2 MW
- 7.000
- 29.548.794 MW/ano

Primeira a ser leiloadada, deverá entrar em operação em 2016



FICHA TÉCNICA

Reservatório	Queda bruta
Turbinas	Empregos
Potência	Energia gerada

TURBINAS

As cinco usinas do Complexo do Tapajós serão equipadas com turbinas de diferentes modelos e potências. A explicação para isso é simples: a escolha do equipamento depende de vários fatores, sendo o principal deles a eficiência da turbina com a combinação das variáveis queda-d'água e vazão do rio



- | | | |
|--|---|--|
| BULBO
Funcionam bem com quedas pequenas, em torno de 20 metros | KAPLAN
Operam melhor com quedas medianas, de cerca de 60 metros | FRANCIS
São mais indicadas para quedas d'água altas, de até 400 metros |
|--|---|--|

USINA CACHOEIRA DO CAÍ

- 420 km²
- 34,6 m
- 802 MW
- 5 turbinas Kaplan de 163,37 MW
- 4.000
- 3.864.036 MW/ano



USINA JATOBÁ

- 646,3 km²
- 16 m
- 2.338 MW
- 40 turbinas Bulbo de 59,7 MW
- 6.000
- 11.264.484 MW/ano

Rio Tapajós

Rio Jamanxim

Formação do lago

Os lagos das usinas do Complexo do Tapajós têm uma relação área alagada/capacidade instalada de 0,18 km²/MW instalado, ante uma média nacional de 0,56 km²/MW instalado

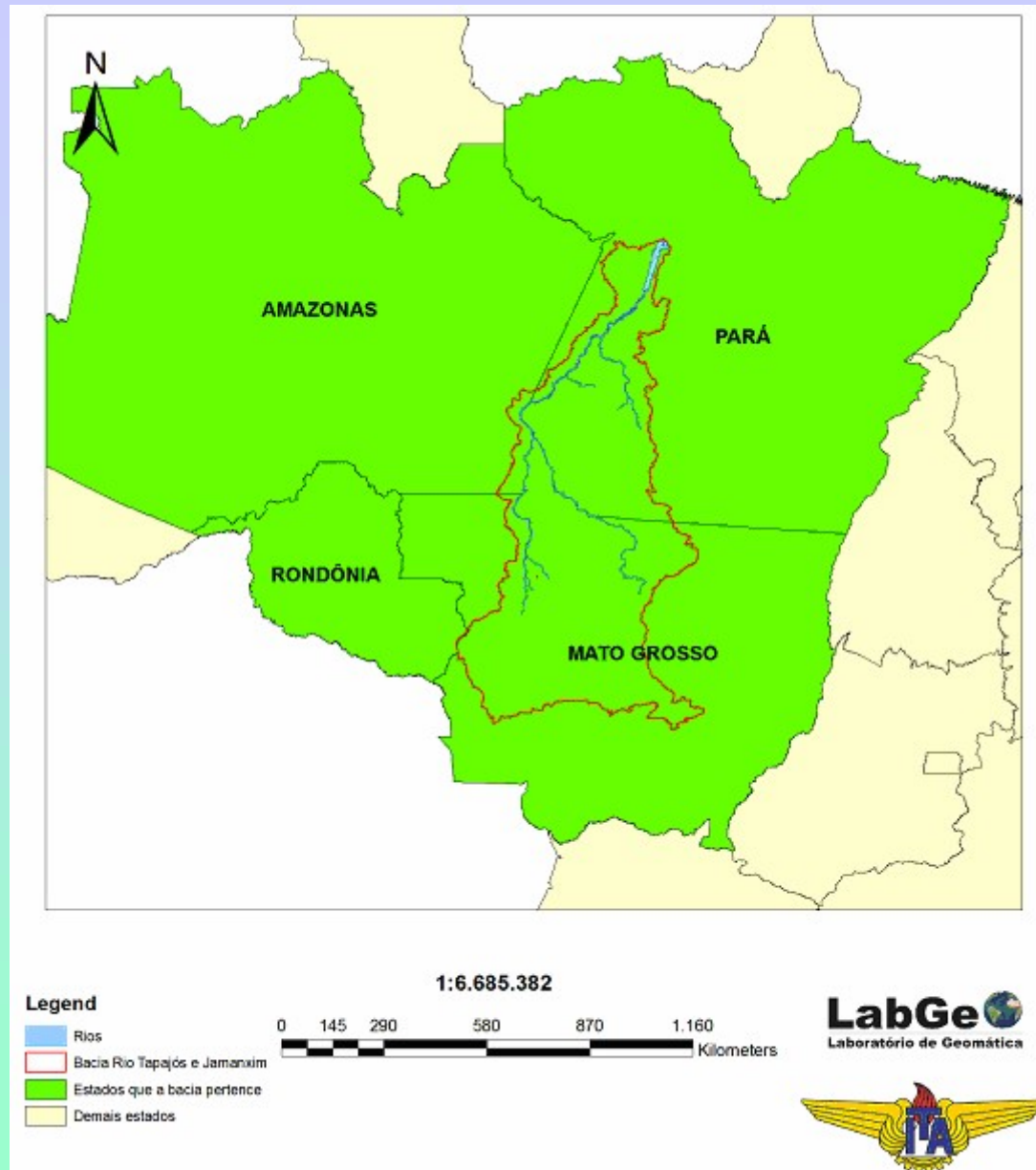


USINA JAMANXIM

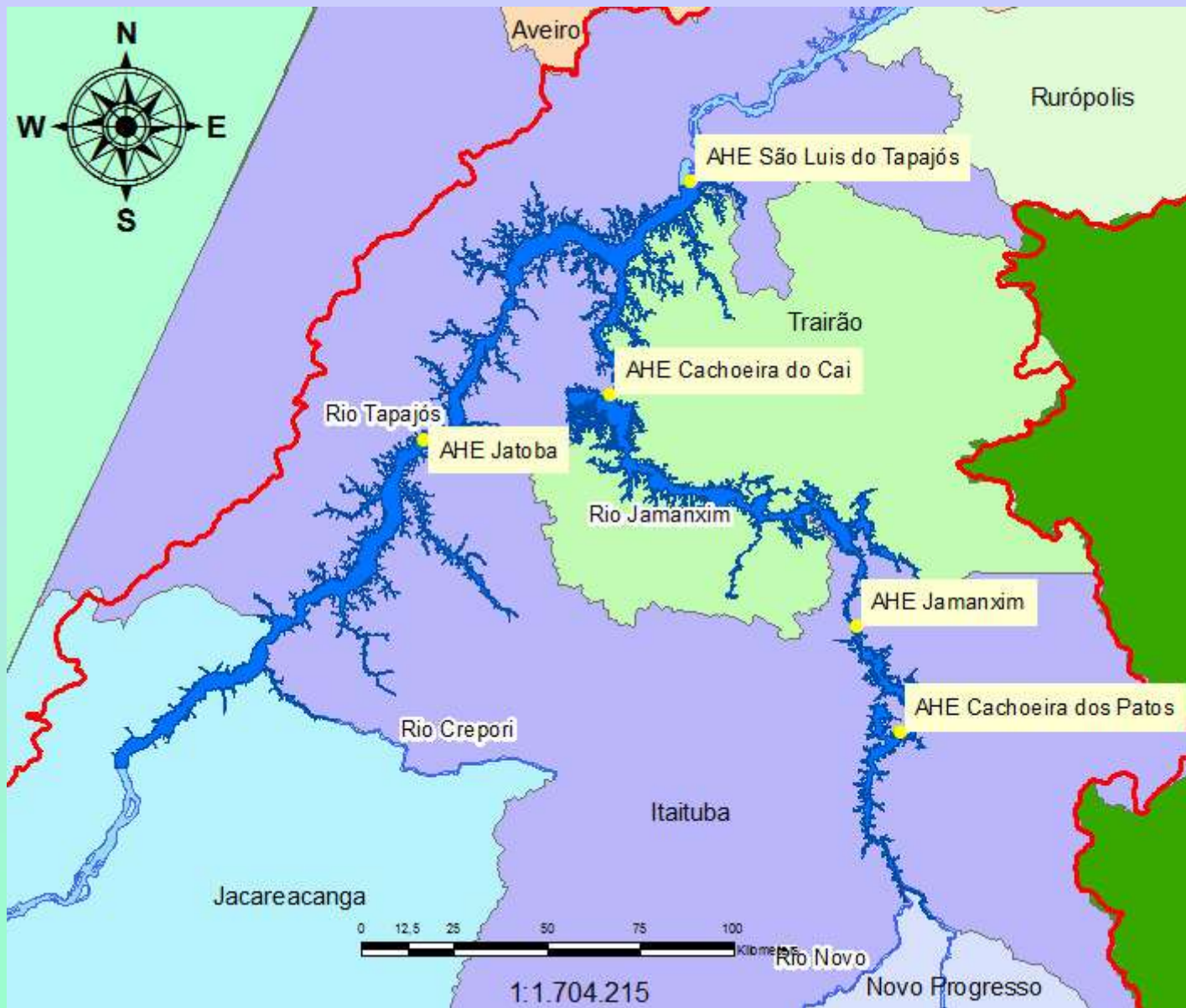
- 74,45 km²
- 57,6 m
- 881 MW
- 3 turbinas Francis de 293,7 MW
- 4.000
- 4.244.658 MW/ano



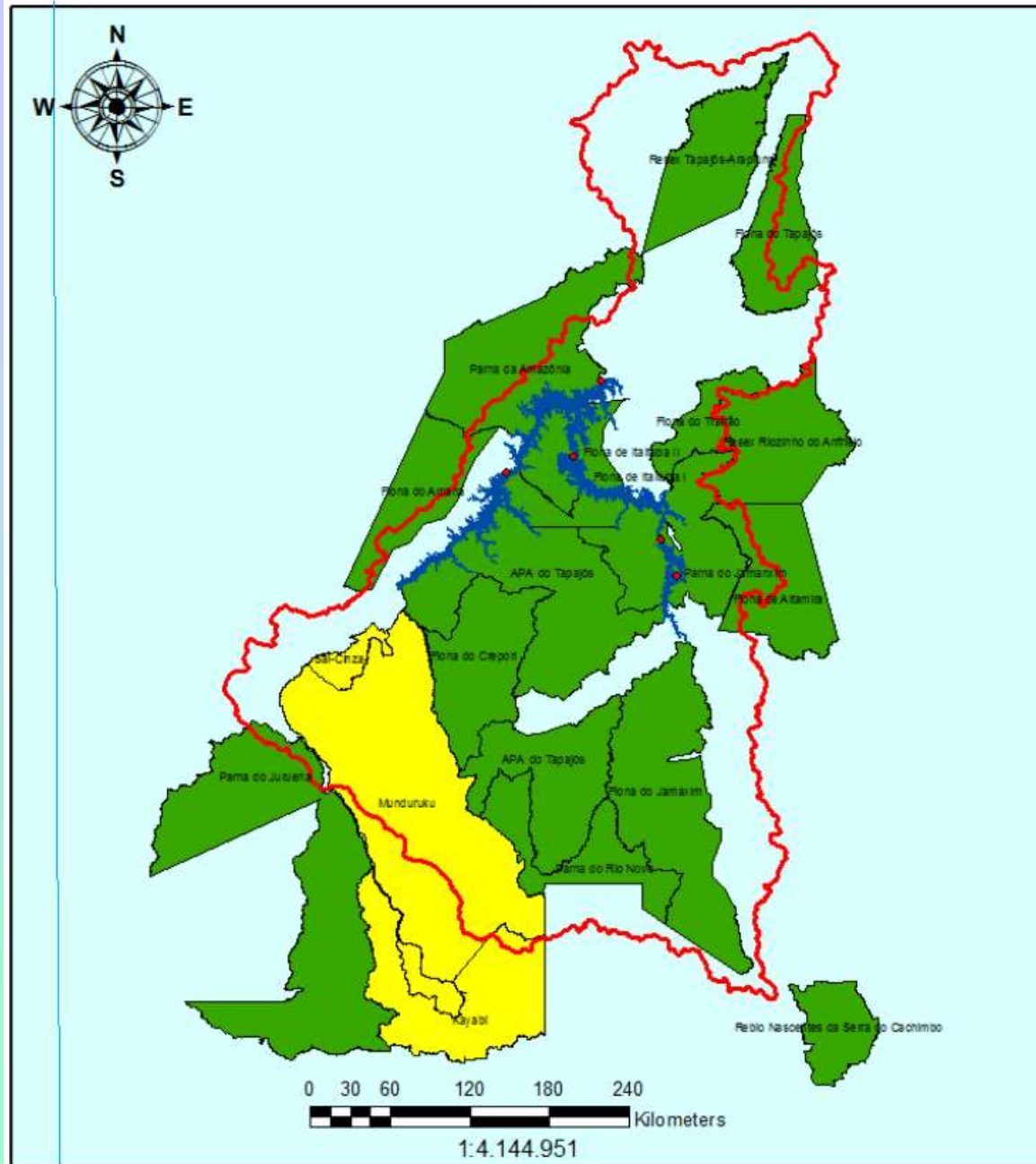
Peixes nadam contra a corrente



Tapajós basin



Hydropower plants location in Tapajos basin



Reservoirs in Tapajós basin (in blue) and Conservation Units (in green) and Mundururuku's Territory (in yellow)



Alter do Chão beach, in Tapajós river