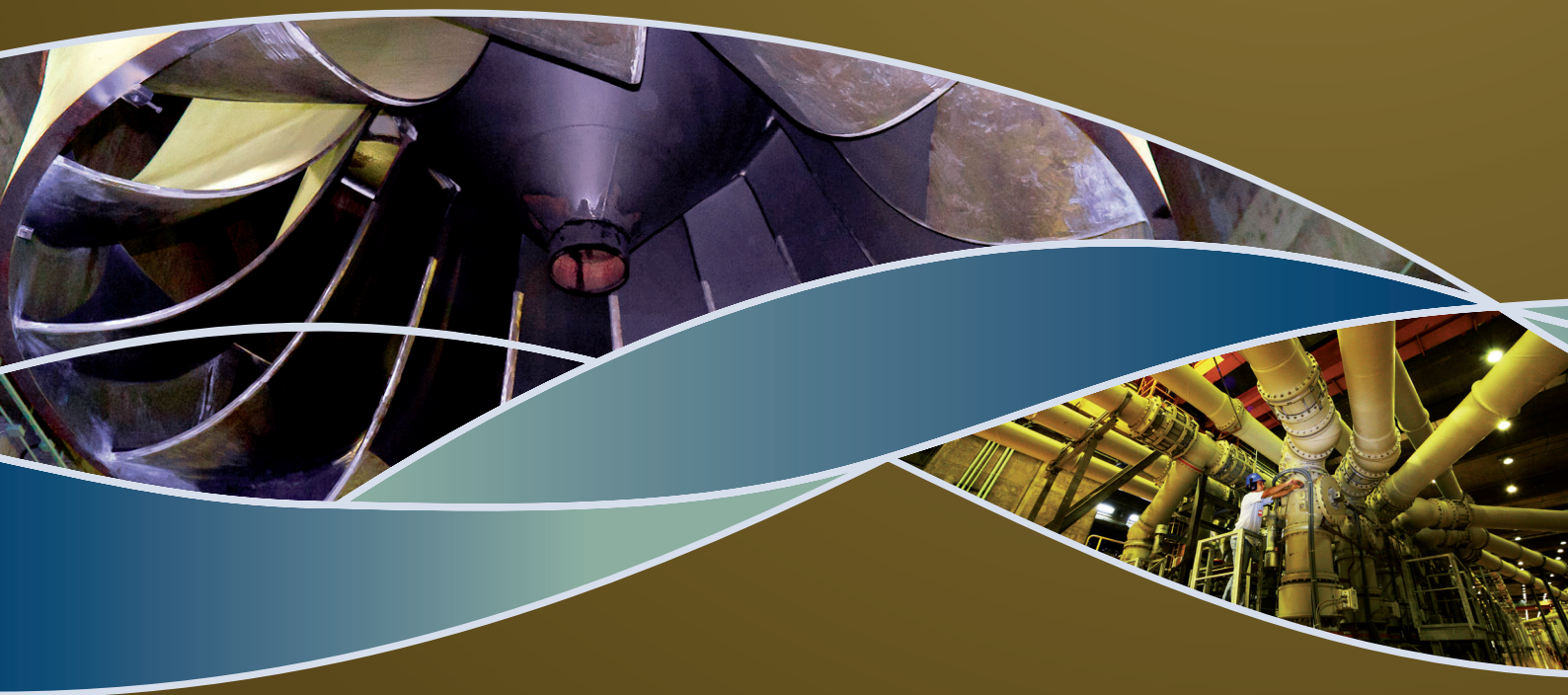




# USINA HIDRELÉTRICA DE **ITAIPU**

*Principais características técnicas*



# SUMÁRIO

## APRESENTAÇÃO ●

- Usina Hidrelétrica de Itaipu 5
- Cronologia dos principais eventos 7

## BACIA HIDROGRÁFICA DE INFLUÊNCIA ●

- Localização e clima 8
- Vazões 9

## RESERVATÓRIO ●

- Planta e perfil do reservatório 10

## USINA DE ITAIPU ●

- Integração Energética 12
- Sistema de transmissão associado à Usina de Itaipu 13
- Integração ao Sistema Elétrico Brasileiro 14
- Integração ao Sistema Elétrico Paraguaio 15

## OBRAS CIVIS ●

- Arranjo geral 16
- Dados principais 17
- Barragens de concreto 18
- Barragens auxiliares 19
- Vertedouro 20
- Instrumentação da barragem e fundação 21

## CASA DE FORÇA E BARRAGEM PRINCIPAL ●

- Localização dos equipamentos e principais cotas 22
- Tomada d'água 23
- Unidade Geradora 24
- Outros equipamentos 26

## RESULTADO OPERACIONAL ●

- Produção e disponibilidade energética 28
- Desempenho das unidades geradoras 29



Cota 144 - Conduitos Forçados

# Usina Hidrelétrica de Itaipu

A Usina Hidrelétrica de Itaipu é um empreendimento pertencente ao Brasil e ao Paraguai, implantado com base no Tratado celebrado em 26 de abril de 1973, que registra a decisão de realizar o aproveitamento hidrelétrico dos recursos hídricos do Rio Paraná, pertencentes em Condomínio aos dois Países, desde e inclusive o Salto Grande de Sete Quedas ou Salto de Guaíra até a Foz do Rio Iguçu.

Dentre outras disposições, o Tratado de Itaipu estabelece que a energia produzida pelo aproveitamento seja dividida igualmente entre ambos os países, possuindo cada um o direito de adquirir a energia que não for utilizada pelo outro para seu próprio consumo. A Itaipu Binacional foi constituída em 17 de maio de 1974 com igual participação no capital por parte da Eletrobrás e da Ande, sendo esta última a entidade responsável pelos serviços de energia elétrica no Paraguai.

As obras de construção da usina foram iniciadas em 1975 e, em maio de 1984, entrou em operação a primeira unidade geradora. Sete anos depois, em abril de 1991, foi colocada em serviço a 18ª máquina e, com esse marco, a usina atingiu a capacidade de 12.600 MW, com nove unidades geradoras em cada uma das frequências, de 50 Hz e 60 Hz.

**Duas novas unidades entraram em operação comercial ao final de 2006 e no início de 2007, elevando a potência instalada da Usina de Itaipu para 14.000 MW.**

Em 2000, em função da necessidade de atendimento da máxima demanda diária dos sistemas elétricos do Brasil e do Paraguai, do aumento estimado de cerca de 3.600 GW/h na capacidade anual de produção da usina, que propicia, além da energia adicional, a geração de *royalties* para os dois países, e da oportunidade ensejada pelo baixo custo de implantação, de cerca de US\$ 140 /kW instalado, a Itaipu, em conjunto com a Eletrobrás e a Ande, decidiu instalar duas unidades geradoras adicionais de 700 MW. Essas novas unidades entraram em operação comercial ao final de 2006 e no início de 2007, elevando a potência instalada de Itaipu para 14.000 MW.

Desde que entrou em operação, em maio de 1984, a Usina Hidrelétrica de Itaipu produziu mais de 2,416 milhões de GWh, até Dezembro de 2016. Esta energia é suficiente para atender à demanda brasileira por aproximadamente 5 anos e 3 meses. Itaipu fechou 2016 com uma produção histórica de 103.098.366 de megawatts-hora (MWh) e estabeleceu uma nova marca mundial. Neste ano, Itaipu atendeu 16,8% da demanda brasileira e 75,6% da demanda paraguaia.

A eficiência operativa de Itaipu é atestada pelos excelentes resultados que vêm sendo alcançados, comprovados pelos indicadores específicos que expressam a consecução do objetivo empresarial de “manter a excelência na produção e no suprimento de energia”.

# Cronologia dos principais eventos

Com o término da instalação das novas unidades geradoras, Itaipu concluiu a fase de implantação do empreendimento, iniciando, simultaneamente, o ciclo de modernização e atualização tecnológica das instalações e sistemas de produção de energia. Esse novo ciclo de investimentos, o maior desde o término da implantação das primeiras 18 unidades geradoras, visa assegurar a continuidade futura dos excelentes resultados que a usina vem alcançando no tocante ao desempenho de seus equipamentos e sistemas, que se refletem na produção anual de energia e na capacidade de atendimento das demandas dos sistemas elétricos do Brasil e do Paraguai.

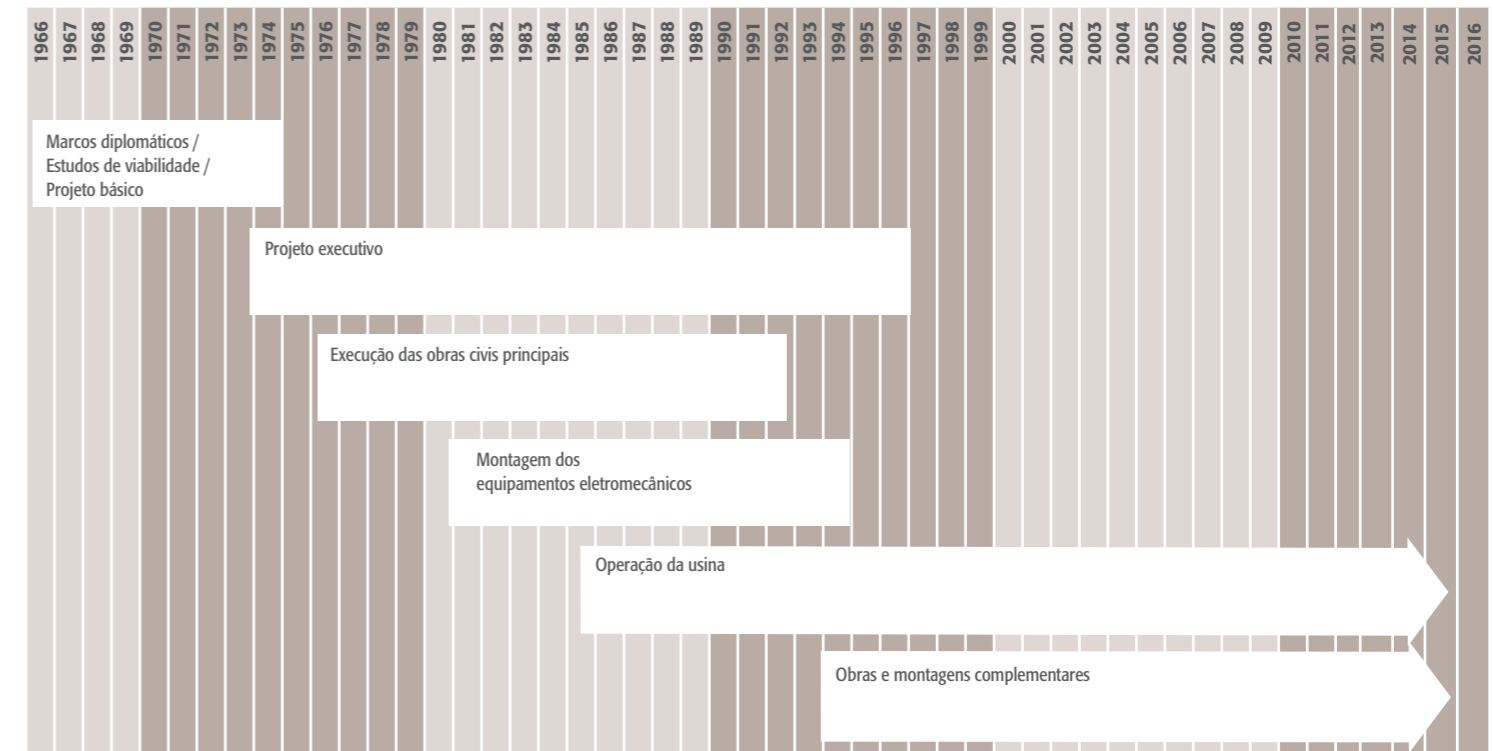
No entanto, a ação de Itaipu é mais ampla do que o suprimento de energia elétrica, elemento fundamental para o progresso e para o bem-estar social dos dois países. A partir de 2003, em sintonia com as diretrizes emanadas dos dois governos sócios do empreendimento, a Itaipu ampliou sua missão de geração de energia elétrica para incluir conceitos de responsabilidade socioambiental, que passou a ser: “Gerar energia elétrica de qualidade, com responsabilidade social e ambiental, impulsionando o desenvolvimento econômico, turístico e tecnológico, sustentável, no Brasil e no Paraguai”.

Assim, a Itaipu, além de ser uma moderna e eficiente planta industrial, que supre uma parcela significativa da demanda de energia elétrica do Brasil e quase a totalidade da demanda paraguaia, também desenvolve um conjunto de programas e de ações para promover diretamente o desenvolvimento autossustentável em ambos os países, especialmente nas comunidades regionais.

A história de sucesso da Itaipu comprova que usinas hidrelétricas podem ser um recurso inestimável para que os povos possam atender seus anseios de progresso e de melhoria de qualidade de vida.

**A partir de 2003, a Itaipu ampliou sua missão de geração de energia elétrica para incluir conceitos de responsabilidade socio-ambiental.**

Ata do Iguazu	1966
Tratado de Itaipu	1973
Constituição da Itaipu Binacional	1974
Início efetivo das obras	1975
Início de operação da unidade 1	1984
Início de operação da unidade 18	1991
Licitação das unidades 9A e 18A	1998
Início de operação da unidade 9A	2006
Início de operação da unidade 18A	2007



# Localização e clima

BACIA HIDROGRÁFICA (área de drenagem - km²)	
Até a confluência com o Rio Paranapanema	673.000
Incremental	147.000
Total	820.000

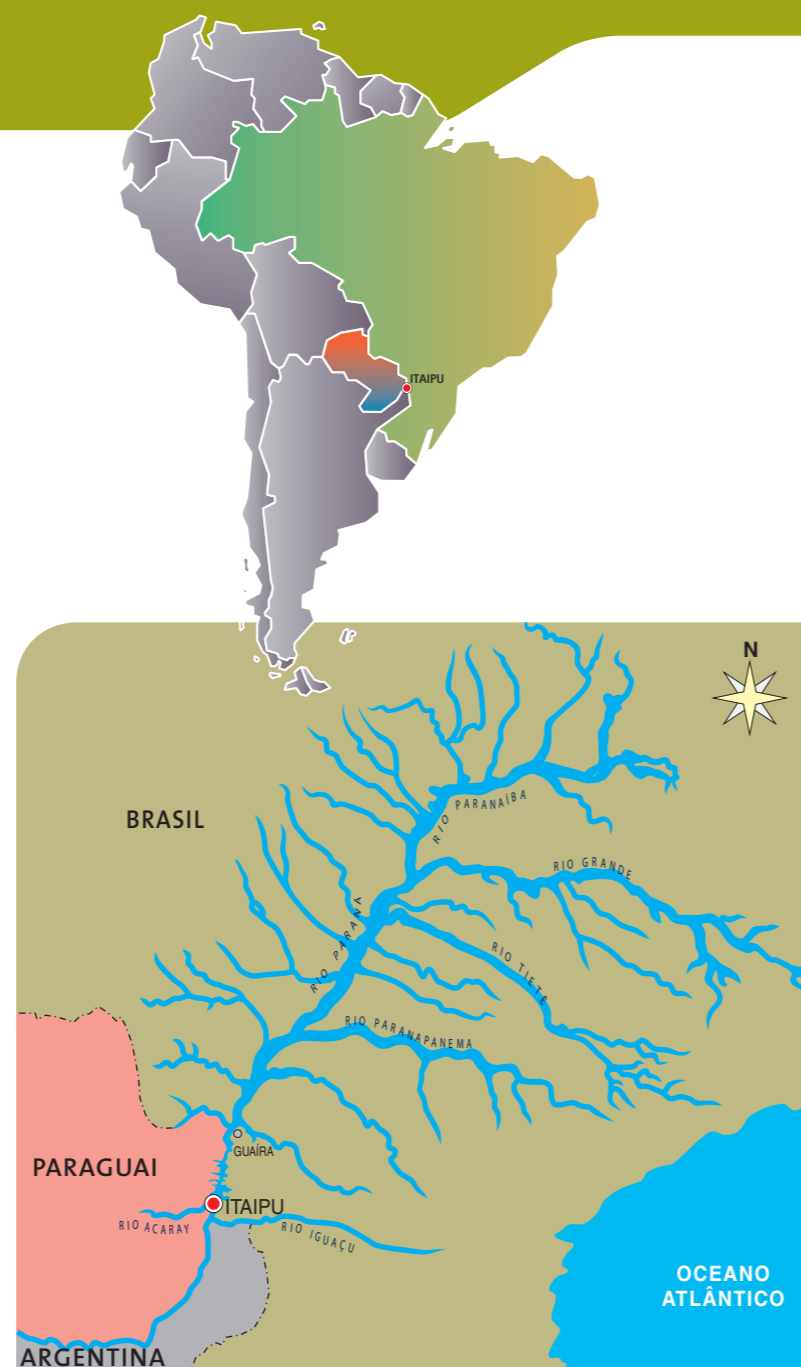
RESERVATÓRIO	
Área (km²)	1.350
Extensão (km)	170
Cota normal de projeto (m)	EL. 220,00

EXTENSÃO DO RIO PARANÁ / RIO DA PRATA (Km)	
Paranaíba	1.200
Confluência dos rios Paranaíba e Grande até Guaíra	500
Guaíra até a foz do Rio Iguazu	190
Foz do Rio Iguazu até o estuário do Prata	2.410
Total	4.300

CLIMA (na bacia de drenagem)	
Precipitação média anual (mm)	1.509
Evaporação média anual (mm)	1.104

CLIMA (na área da Usina)	
Precipitação média anual (mm)	1.868
Evaporação média anual (mm)	1.000

Temperatura média anual (°C)	22
Temperatura máxima ambiente (°C)	40
Temperatura mínima ambiente (°C)	-1,8



As áreas protegidas de Itaipu, em ambas as margens, totalizam 100.732 ha, compreendendo 11 refúgios e reservas, e a Faixa de Proteção com mais de 2.900 km de extensão e 208 m de largura média.

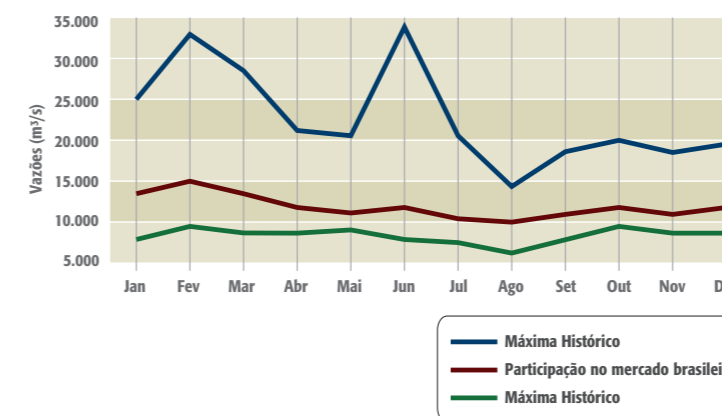
# Vazões período de janeiro de 1983 a dezembro de 2016

RIO PARANÁ - Média em Itaipu (m³/s)	
Máxima mensal - jun. 1983	33.064
Mínima mensal - ago. 2001	6.768
Máxima diária - 15 jun. 1983	39.790
Mínima diária - 10 set. 2001	6.082
Média do período	11.723

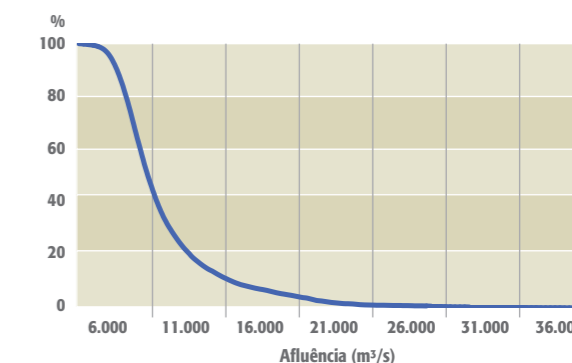
RIO PARANÁ - Média na confluência com o Rio Iguazu (m³/s)	
Máxima diária - 15 jun. 1983	49.240
Mínima diária - 10 set. 2001	6.100
Média do período	14.122

RIO IGUAÇU - Média no Posto Capanema (m³/s)	
Máxima mensal - jul. 1983	12.176
Mínima mensal - ago. 2006	250
Máxima diária - 10 jul. 1983	28.799
Mínima diária - 12 out. 1988	134
Média do período	1.925

Afluência Regularizada – média mensal à Itaipu



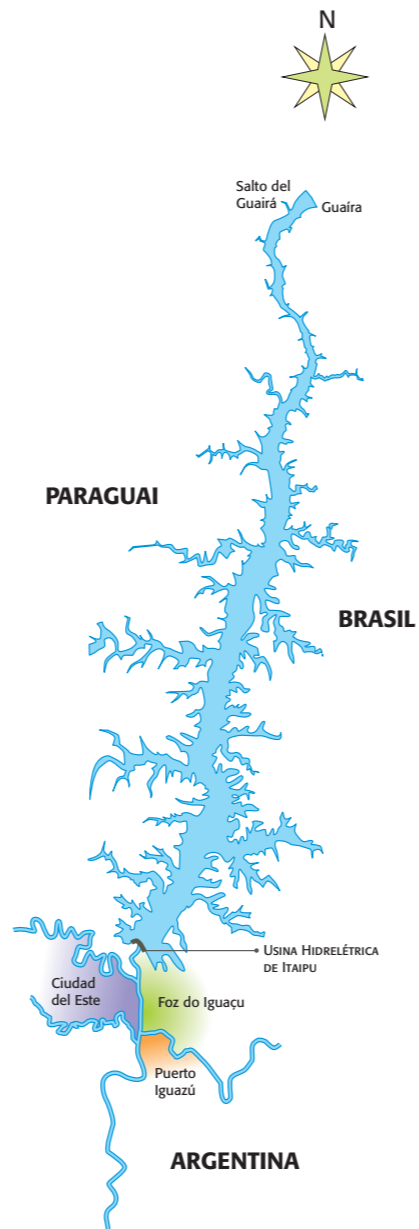
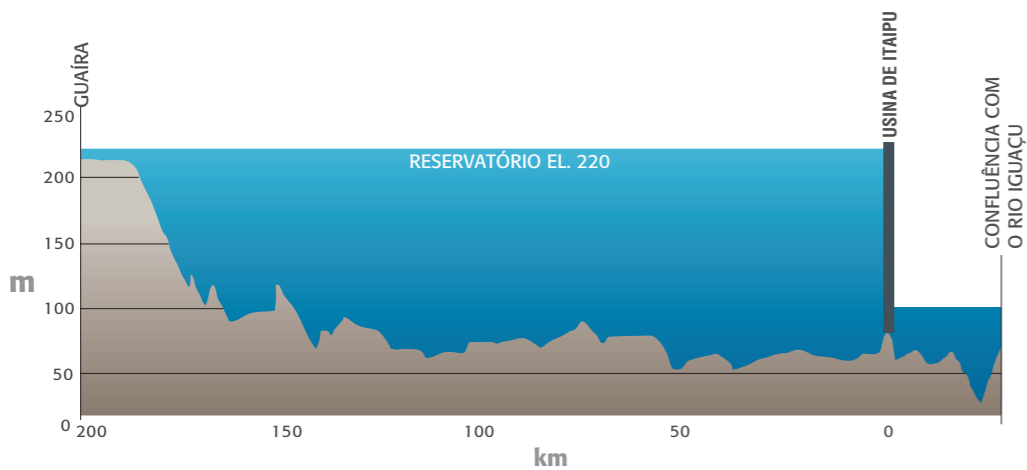
Rio Paraná - permanência da afluência à Itaipu



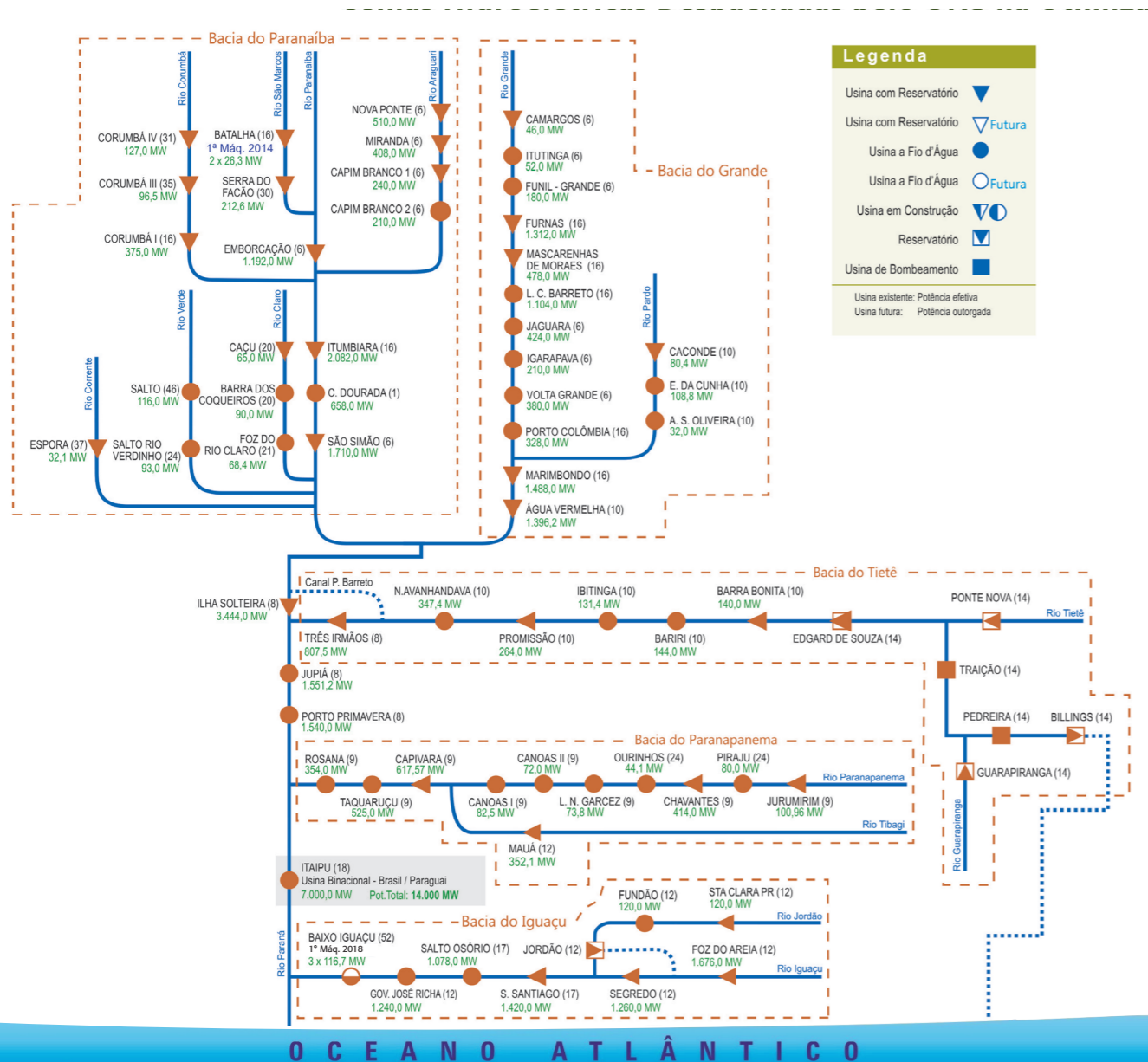
A regularização à montante permite vazões superiores a 8.000 m³/s 96% do tempo.

# Planta e perfil do Reservatório

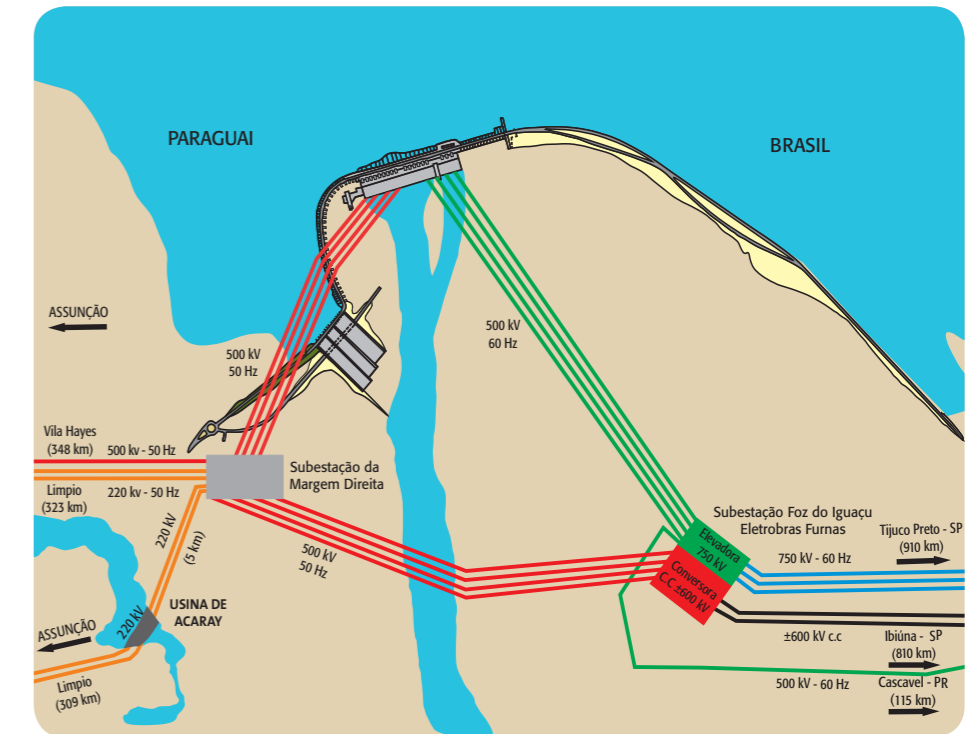
<b>Volume no nível normal de projeto (m³)</b>	<b>29x10<sup>9</sup></b>	<b>Nível de montante (m)</b>	
		Normal de projeto	220,00
<b>Volume útil (m³)</b>	<b>19x10<sup>9</sup></b>	Máximo de cheias	223,10
<b>Extensão (km)</b>	<b>170</b>	Mínimo excepcional	197,00
<b>Largura Máxima (km)</b>	<b>12</b>	<b>Nível de jusante (m)</b>	
<b>Largura Média (km)</b>	<b>7</b>	Normal de projeto	100,00
<b>Superfície (km²)</b>		Máximo	142,15
Nível normal (EL. 220,00)	1.350	Mínimo	92,00
Nível máximo de cheias (EL. 223,10)	1.561	<b>Regularização</b>	<b>Inferior a mensal (fio d'água)</b>
Nível mínimo excepcional (EL. 197,00)	459	<b>Queda bruta (m)</b>	
		Máxima	128,00
		Mínima	84,00
		<b>Queda nominal (m)</b>	<b>118,40</b>



# Integração energética



# Sistema de transmissão associado à Usina de Itaipu



## Setor de 50 Hz

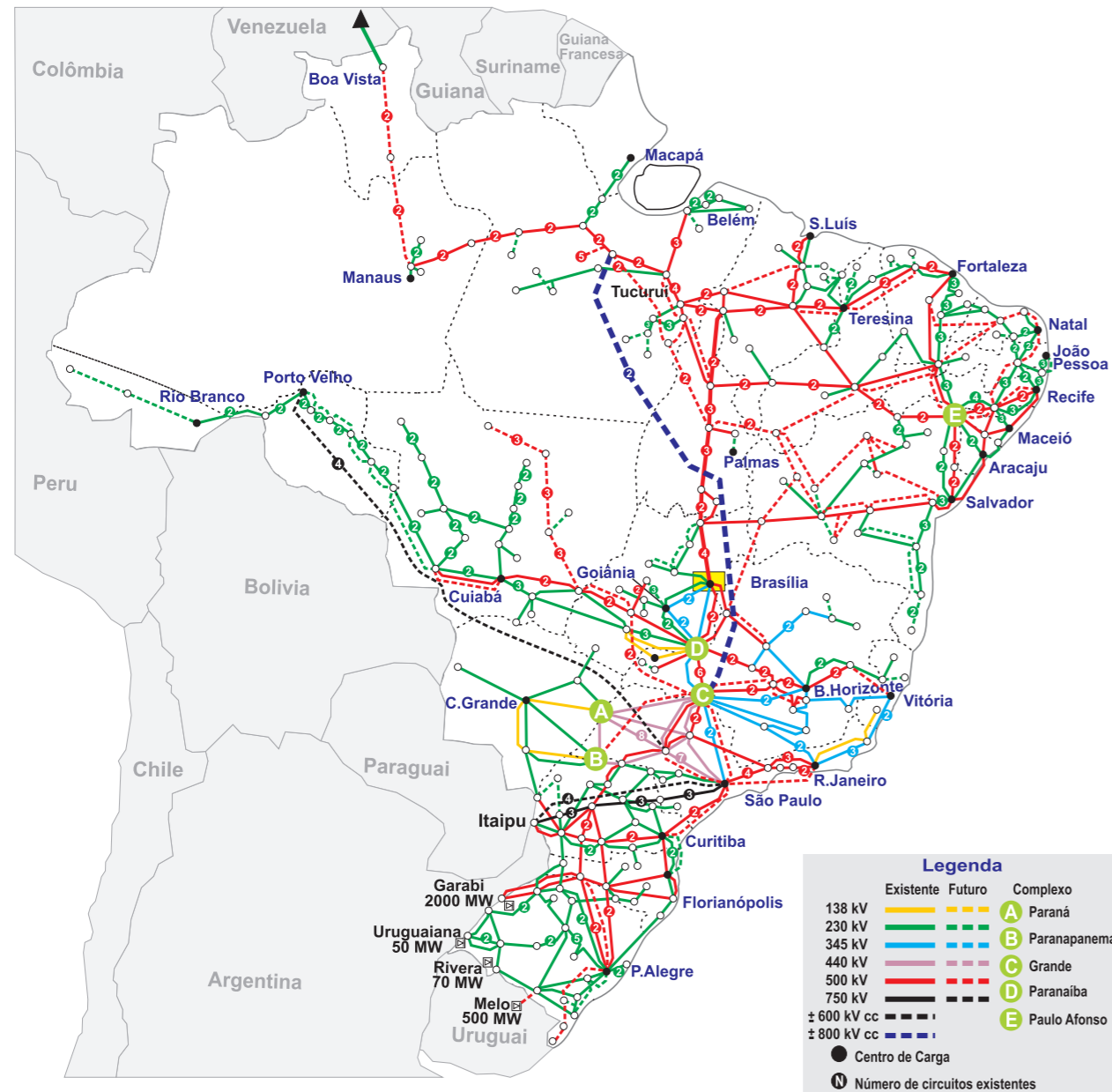
Itaipu - SE Margem Direita (500 kV)  
4 circuitos, cada um com cerca de 2,1 km de extensão

SE Margem Direita - Foz do Iguaçu (500 kV)  
4 circuitos, cada um com cerca de 8,7 km de extensão

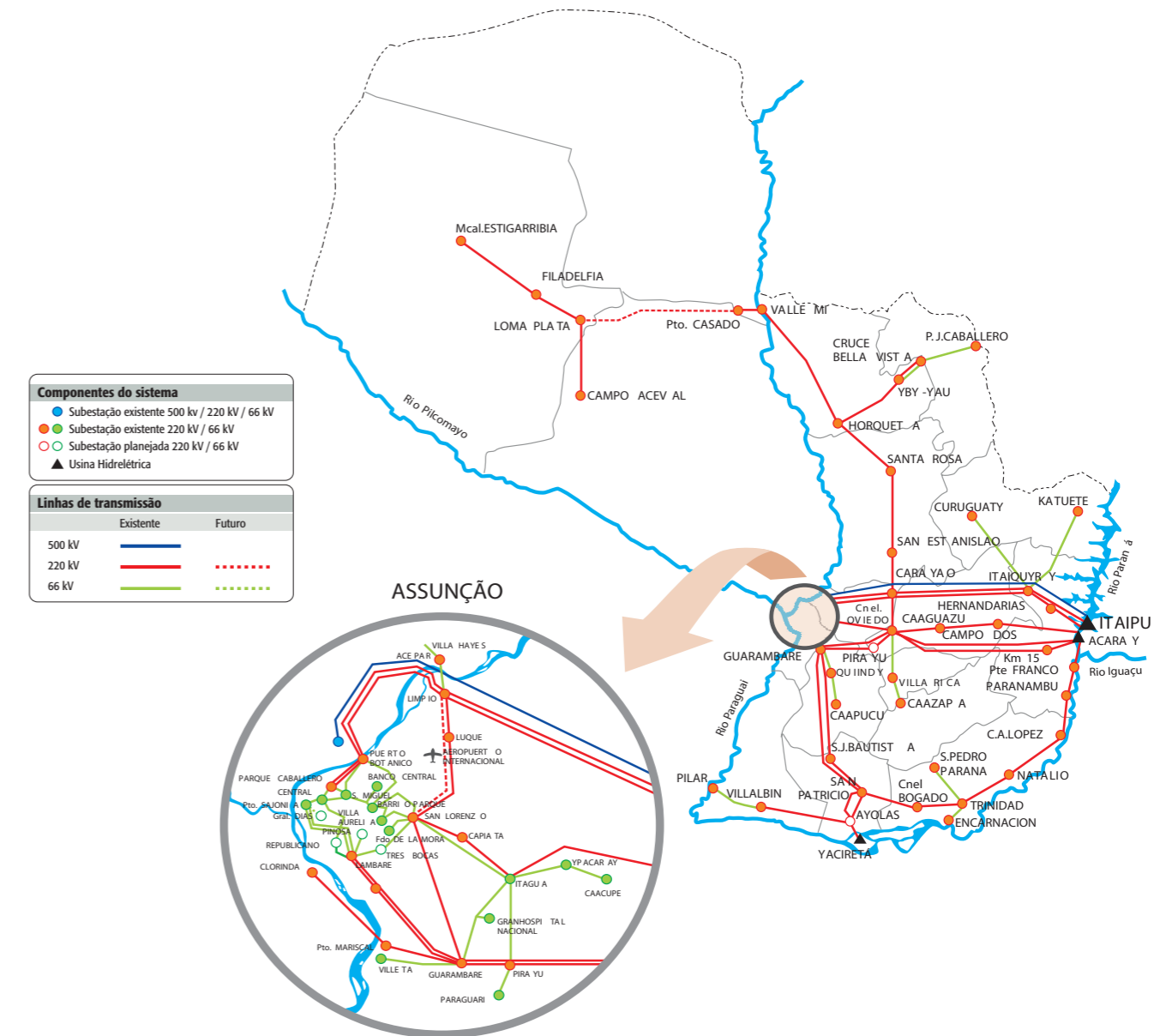
## Setor de 60 Hz

Itaipu - SE Foz do Iguaçu (500 kV)  
4 circuitos, cada um com cerca de 7,8 km de extensão

# Integração ao Sistema Elétrico Brasileiro

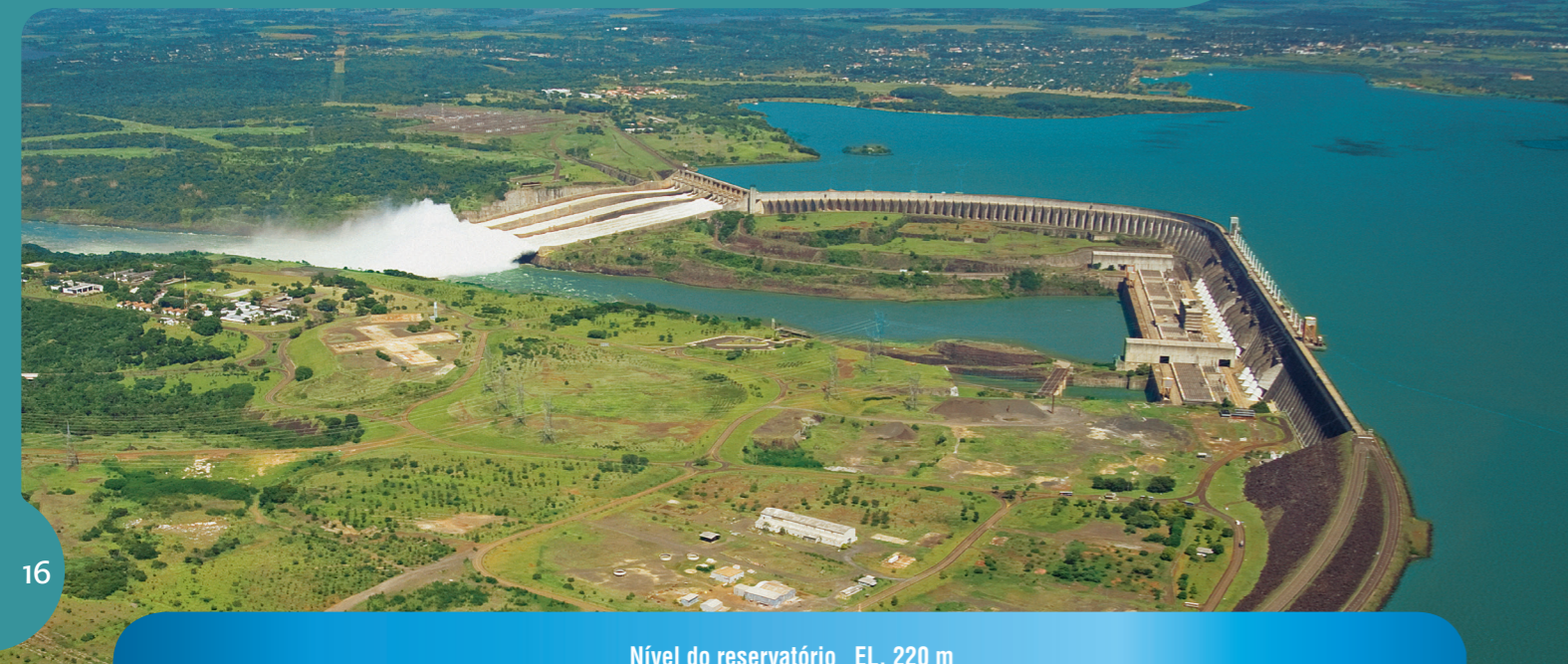


# Integração ao Sistema Elétrico Paraguai





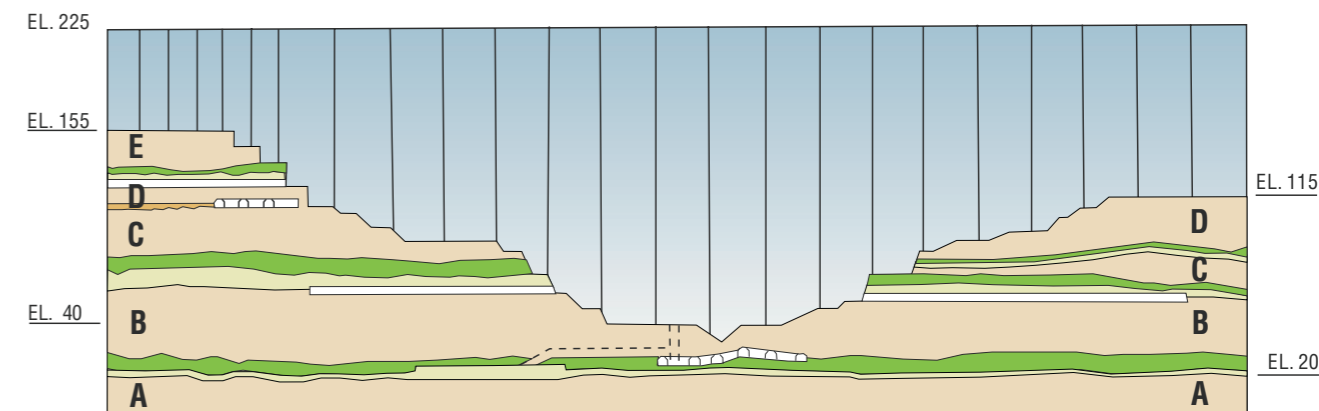
# Arranjo geral



# Dados principais

Escavação em terra (m <sup>3</sup> )	23.628 x 10 <sup>3</sup>	Enrocamento (m <sup>3</sup> )	15.000 x 10 <sup>3</sup>
Escavação em rocha (m <sup>3</sup> )	31.963 x 10 <sup>3</sup>	Concreto estrutural com refrigeração (m <sup>3</sup> )	12.750 x 10 <sup>3</sup>
Escavação submersa (m <sup>3</sup> )	858 x 10 <sup>3</sup>	Concreto compactado a rolo (m <sup>3</sup> )	25 x 10 <sup>3</sup>
Escavação subterrânea (m <sup>3</sup> )	33 x 10 <sup>3</sup>	Cimento (kg)	2.516 x 10 <sup>6</sup>
Argila compactada (m <sup>3</sup> )	6.482 x 10 <sup>3</sup>	Aço (kg)	481.074 x 10 <sup>3</sup>

## Características Geológicas

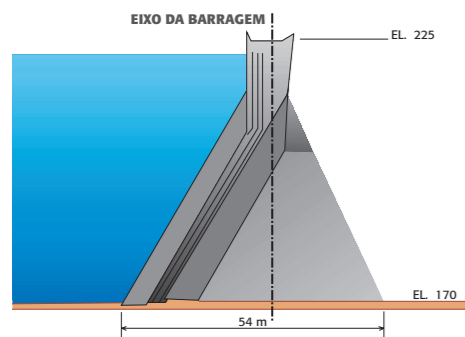


- Basalto Denso
- Basalto Vesículo-amigdaloidal
- Brecha
- A, B, C, D e E, Derrames
- Contato de Derrames
- Chavetas de Concreto

# Barragens de concreto

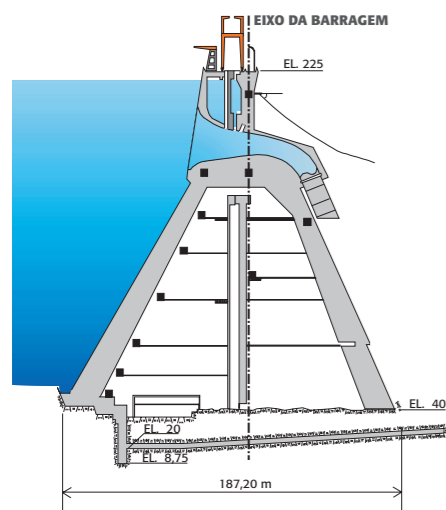
## Seções transversais típicas

obs.: todas as elevações estão em metros sobre o nível do mar



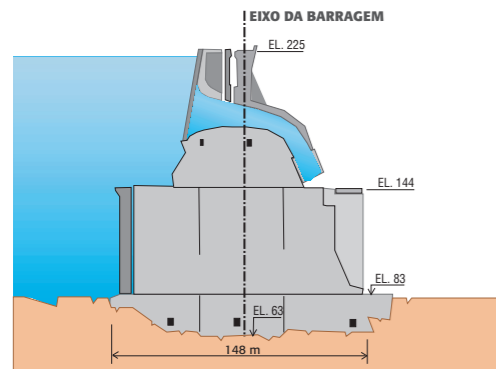
### BARRAGEM LATERAL DIREITA E BLOCOS DE LIGAÇÃO (TRECHOS D, E, I)

Tipo	Contraforte
Comprimento (m)	1.438
Altura Máxima (m)	85
Quantidade de Blocos	83
Volume (m <sup>3</sup> )	1,6 x 10 <sup>6</sup>



### BARRAGEM PRINCIPAL (TRECHO F)

Tipo	Gravidade Aliviada
Comprimento (m)	612
Altura Máxima (m)	196
Quantidade de Blocos	18
Volume de Concreto (m <sup>3</sup> )	4,4 x 10 <sup>6</sup>

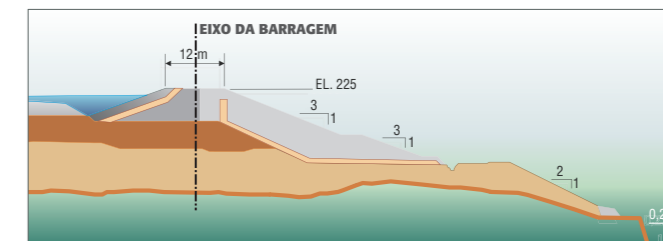


### ESTRUTURA DE DESVIO (TRECHO H)

Tipo	Gravidade
Comprimento (m)	170
Altura Máxima (m)	162
Quantidade de Blocos	14
Volume de Concreto (m <sup>3</sup> )	2,2 x 10 <sup>6</sup>

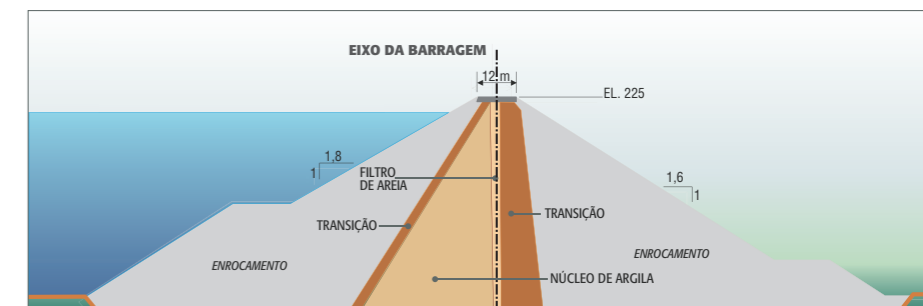
### BARRAGEM DE TERRA DIREITA (TRECHO Q)

Comprimento (m)	872
Altura Máxima (m)	25
Volume Total (m <sup>3</sup> )	0,4 x 10 <sup>6</sup>



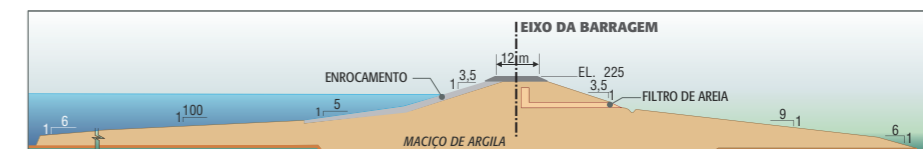
### BARRAGEM DE ENROCAMENTO (TRECHO K)

Comprimento (m)	1.984
Altura Máxima (m)	70
Volume Total (m <sup>3</sup> )	12,8 x 10 <sup>6</sup>



### BARRAGEM DE TERRA ESQUERDA (TRECHO L)

Comprimento (m)	2.294
Altura Máxima (m)	30
Volume Total (m <sup>3</sup> )	4,4 x 10 <sup>6</sup>



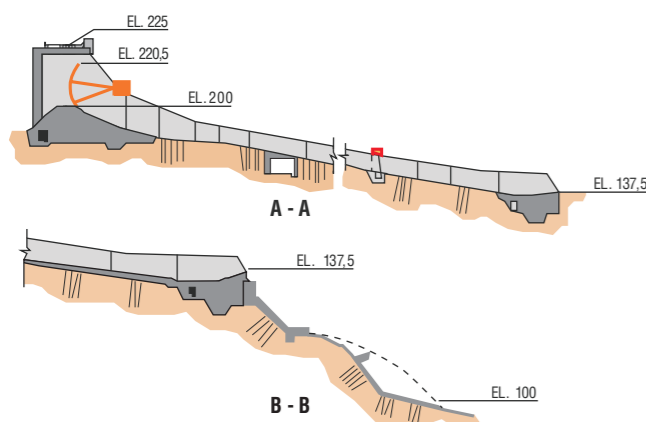
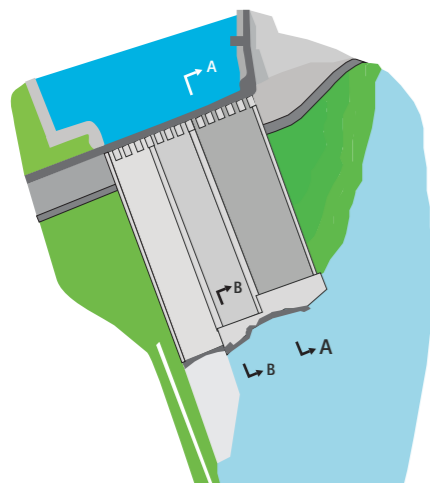
# Barragens auxiliares

## Seções transversais típicas

obs.: todas as elevações estão em metros sobre o nível do mar

# Vertedouro

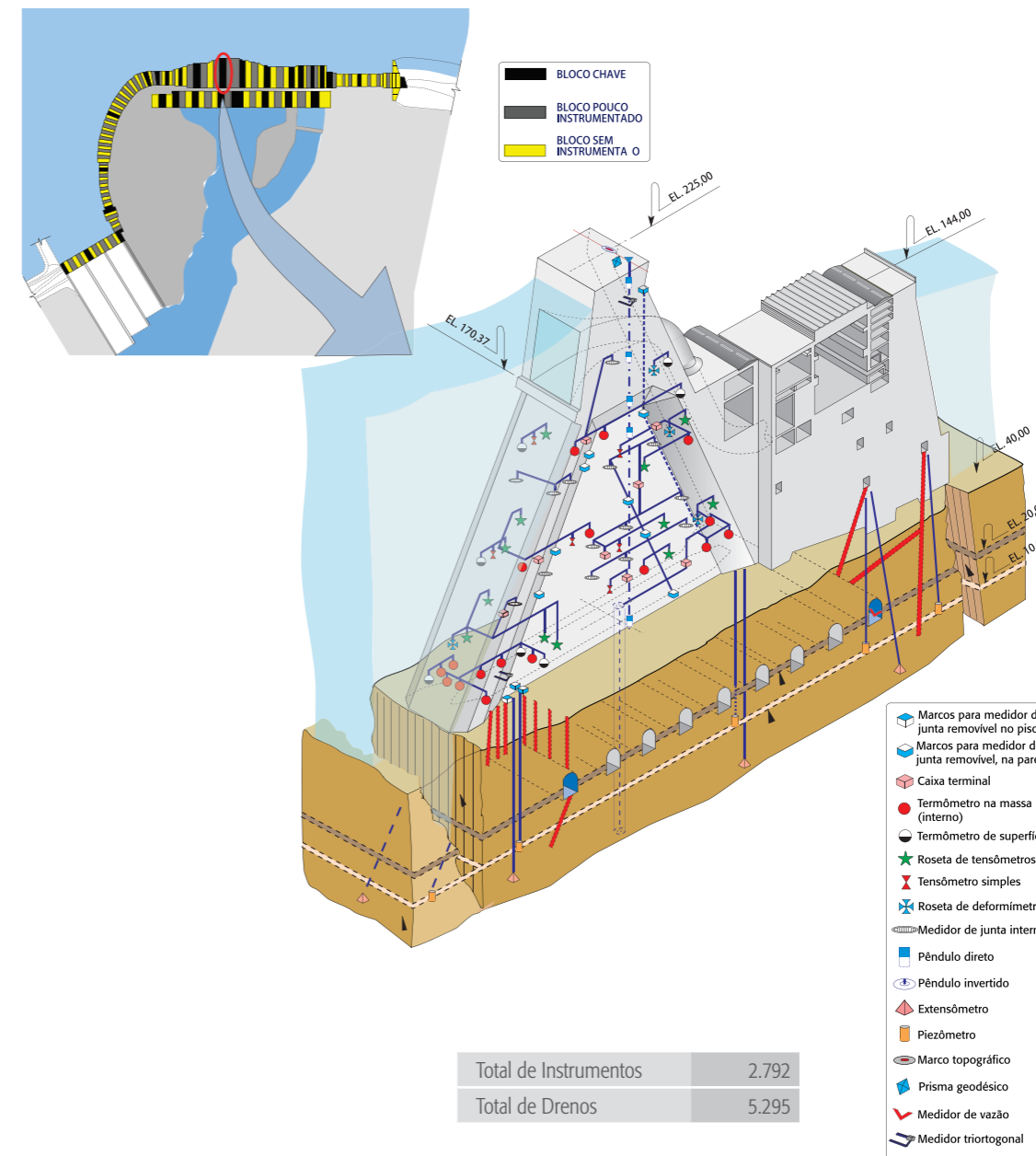
Vertedouro (trecho A)



<b>CAPACIDADE MÁXIMA (M³/S)</b>	<b>62.200</b>
<b>ESTRUTURA</b>	
Número de blocos	15
Soleira do vertedouro	EL. 200,00
Largura (m)	362
Comprimento (m)	483
<b>ESTRUTURA STOPLOG</b>	
Largura (m)	20
Altura (m)	21,6
Número de elementos por abertura	6
<b>COMPORTAS</b>	
Quantidade	14
Tipo	de Segmento
Largura (m)	20
Altura (m)	21,34
Raio externo (m)	20
Cota da soleira (m)	EL. 199,16
<b>PÓRTICO</b>	
Quantidade	1
Capacidade (kN)	785

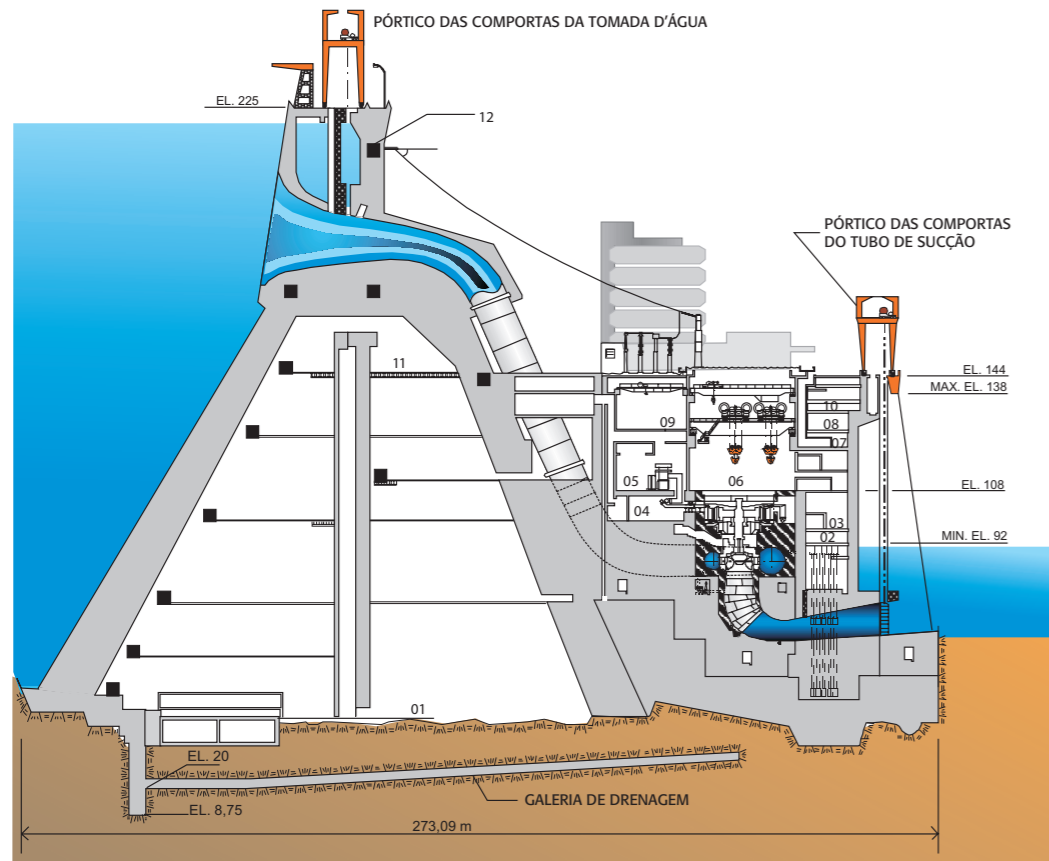
# Instrumentação da barragem e fundação

obs.: todas as elevações estão em metros sobre o nível do mar



# Localização dos equipamentos e principais cotas

obs.: todas as elevações estão em metros sobre o nível do mar



## CASA DE FORÇA 20 unidades, inclusive áreas de montagem (m)

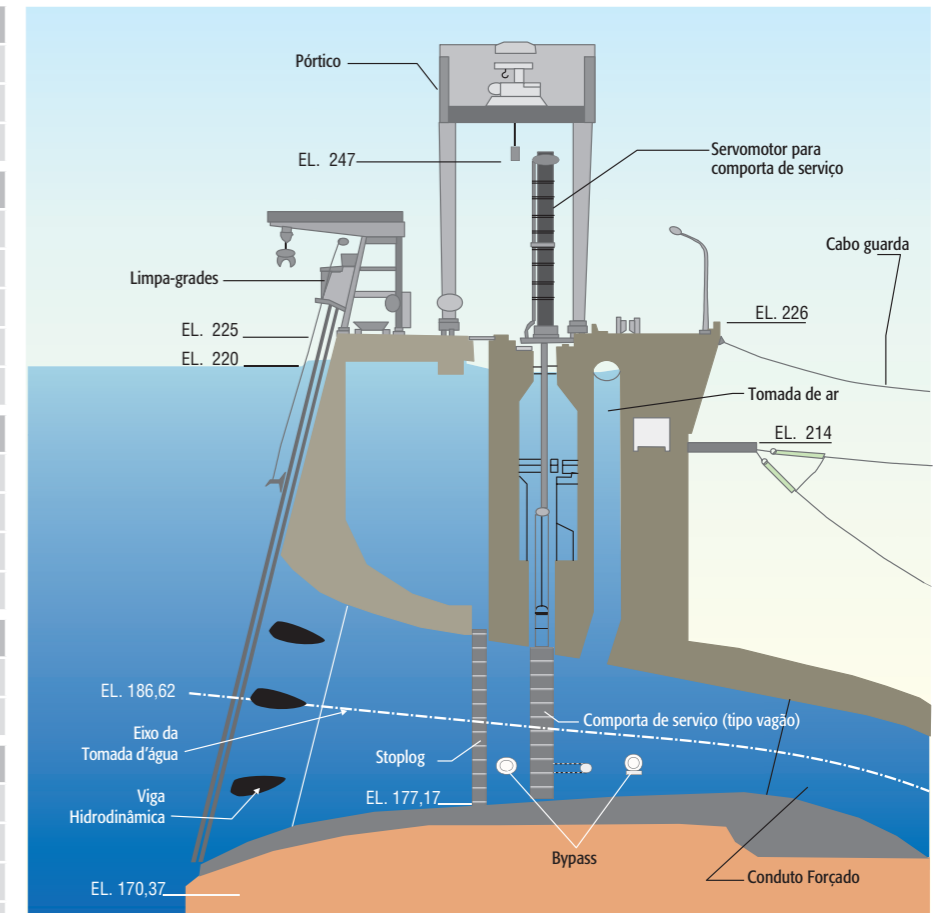
Comprimento	968
Largura	99
Altura	112
Nível de cobertura	EL. 148
Nível de piso dos geradores	EL. 108
Espaçamento entre unidades	34

01 - EL. 40	Fundação da barragem
02 - EL. 92,4	Acesso ao poço da turbina
03 - EL. 98,5	Serviço auxiliar da unidade - Sistema de água pura
04 - EL. 98,5	Sistema de excitação, acesso ao "housing" do gerador e regulador de velocidade
05 - EL. 108	Transformadores elevadores
06 - EL. 108	Piso dos geradores e salas de controle local

07 - EL. 122	Sistema de ventilação
08 - EL. 127,6	Galeria de cabos
09 - EL. 128,2	Subestação Isolada a Gás - SF <sub>6</sub>
10 - EL. 133,2	Painéis principais do serviço auxiliar AC e sala dos geradores diesel
11 - EL. 144	Serviço auxiliar da barragem
12 - EL. 214	Central hidráulica das comportas

# Tomada d'água

obs.: todas as elevações estão em metros sobre o nível do mar



## CAMINHO DE ROLAMENTO

Distância entre eixos (m)	10,00
Comprimento total (m)	857,55
Cota do topo dos trilhos (m)	225

## CONDUTOS FORÇADOS

Quantidade	20
Peso de cada conduto (t)	883
Diâmetro interno (m)	10,5
Comprimento desenvolvido (m)	142,2
Descarga nominal (m³/s)	690

## GUINDASTES LIMPA-GRADES

Quantidade	2
Capacidade do gancho (kN)	200
Capacidade do rastelo (m)	61,5
Capacidade do rastelo (m³/kN)	2/2,5

## GRADES PARA TOMADA D'ÁGUA

Quantidade	20
Painéis de grade por tomada 24 (m)	4,73 x 5,5

## COMPORTAS DE SERVIÇO (tipo vagão)

Quantidade	20
Largura (m)	8,23
Altura (m)	16,35
Cota da soleira (m)	177,56
Vazão máxima pela comporta (m³/s)	750

## STOPLOGS

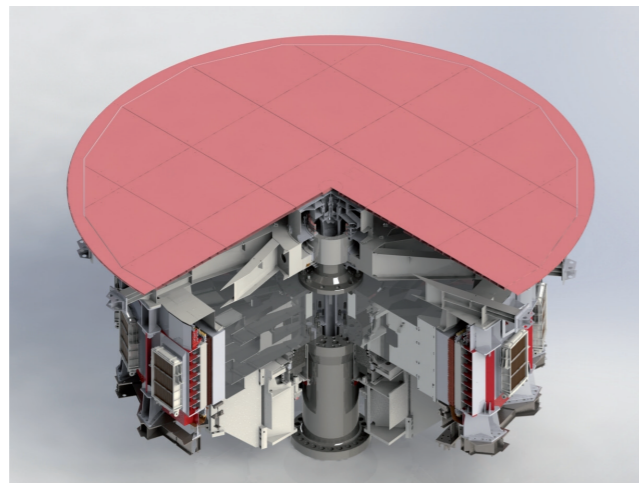
Cota da soleira (m)	177,17
Largura (m)	7,46
Altura (m)	17,51
Quantidade	7

## PÓRTICOS

Quantidade	2
Capacidade (kN)	1.100/400
Velocidade máxima de levantamento do gancho - 50/60 Hz (m/min.)	4,58/5,5
Velocidade mínima de levantamento do gancho - 50/60 Hz (m/min.)	1,67/2,0
Velocidade nominal de translação - 50/60 Hz (m/min.)	25/30

# Unidade Geradora

GERADOR		
Quantidade		20
Frequência	60 Hz (10 un.) 50 Hz (10 un.)	
Potência nominal	50 Hz (MVA) 60 Hz (MVA)	823,6 737,0
Tensão nominal (kV)		18
N.º de polos	50 Hz 60 Hz	66 78
Momento de inércia - GD <sup>2</sup> (t.m <sup>2</sup> )		320.000
Fator de potência	50 Hz 60 Hz	0,85 0,95
Peça mais pesada - rotor (t)		1.760



TURBINA		
Quantidade		20
Tipo		Francis
Potência nominal unitária (MW)		715
Queda líquida de projeto (m)		118,4
Velocidade de projeto	50 Hz (rpm) 60 Hz (rpm)	90,9 92,3
Vazão nominal unitária (m <sup>3</sup> /s)		645
Peça indivisível mais pesada - rotor (t)		296



# Unidade Geradora



# Outros equipamentos

## TRANSFORMADORES ELEVADORES

### Banco de transformadores monofásicos

50 Hz 10 + 2 Unidades Reservas  
60 Hz 10 + 2 Unidades Reservas

### Potencial Nominal de cada Banco

50 Hz (MVA) 825  
60 Hz (MVA) 768

### Nível de Impulso (Fase/ Neutro)

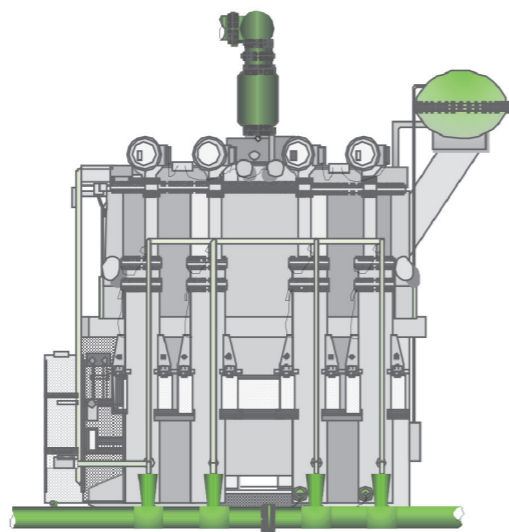
Tensão Superior (kV) 1.550/110  
Tensão Inferior (kV) 125

Tipo de Ligação D - Y<sub>n</sub>

### Peso de cada Transformador (kg)

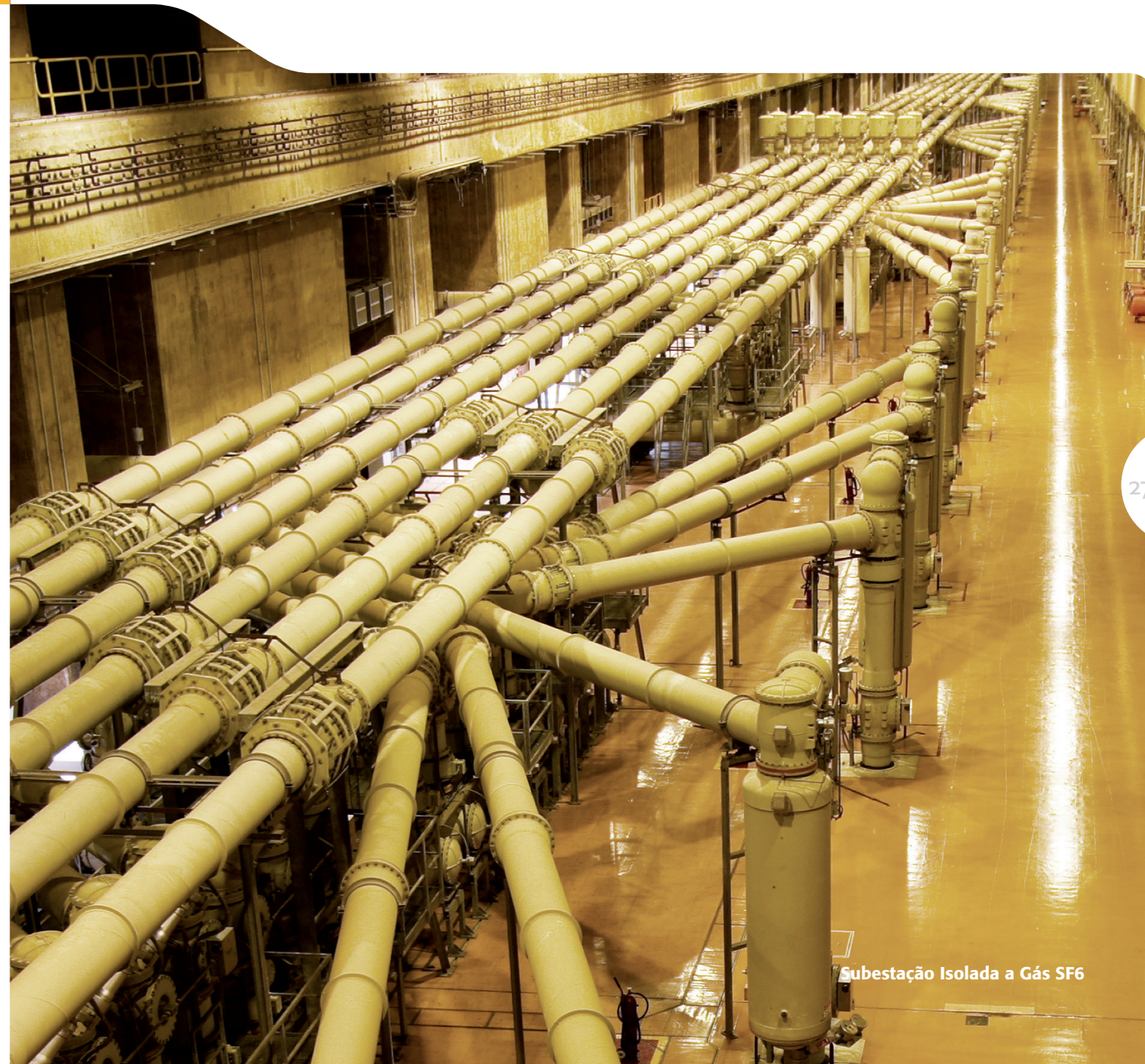
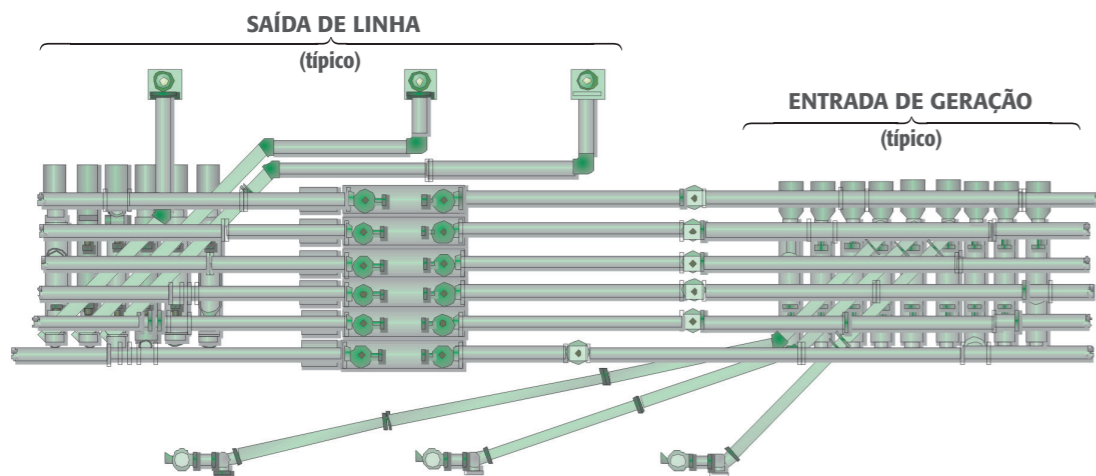
50 Hz 217 x 10<sup>3</sup>  
60 Hz 189 x 10<sup>3</sup>

Resfriamento ODAF (óleo dirigido/água forçada)



## SUBESTAÇÃO ISOLADA A GÁS SF<sub>6</sub>

Tensão nominal máxima (kV)	550	Pressão de SF <sub>6</sub> nos disjuntores (kPA)	620
Corrente nominal (A)	4.000	Quantidade de chaves seccionadoras	128
Corrente de interrupção nominal (kA)	63	Quantidade de transformadores de corrente	414
Quantidade de disjuntores	54	Quantidade de transformadores de potencial	24
Comprimento de barramentos blindados e isolados a gás SF <sub>6</sub>	7.500	Quantidade de pára-raios	132
		Massa de Gás SF <sub>6</sub> (kg)	110 x 10 <sup>3</sup>

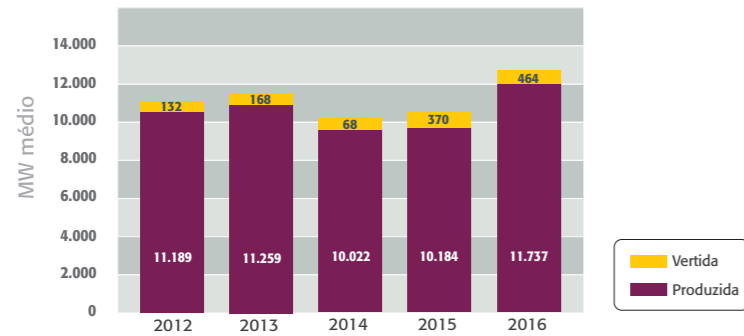


Subestação Isolada a Gás SF<sub>6</sub>

# Produção e disponibilidade energética

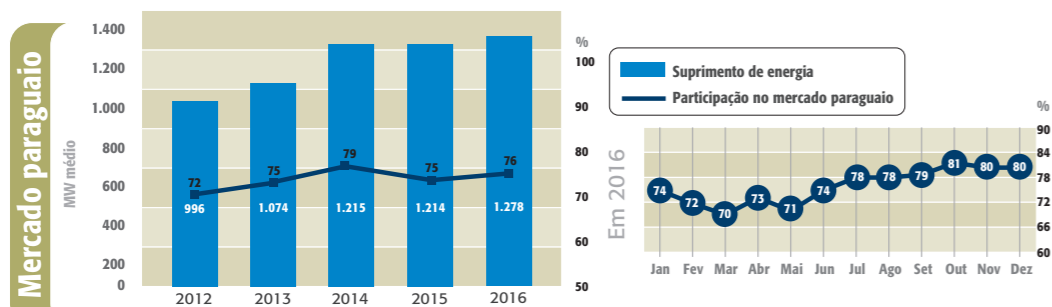
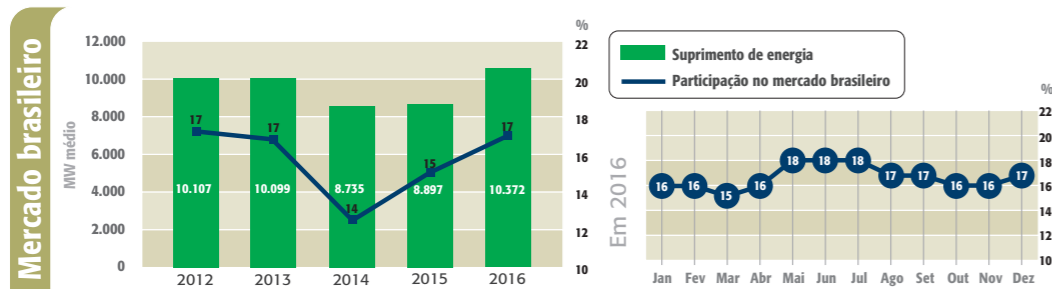
# Desempenho das unidades geradoras

## Energia disponível anual

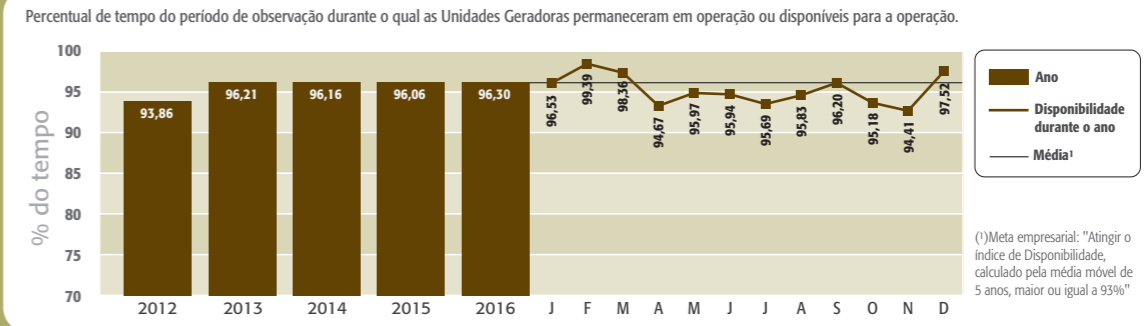


Em 2016, a Itaipu atingiu seu recorde histórico, produzindo 103.098 GWh, atendendo 17% da demanda do mercado brasileiro e 76% do mercado paraguaio.

## Participação nos mercados

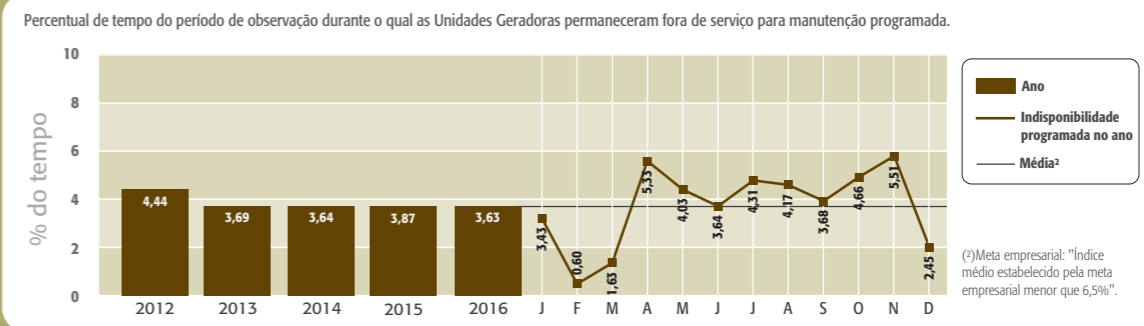


### DISPONIBILIDADE



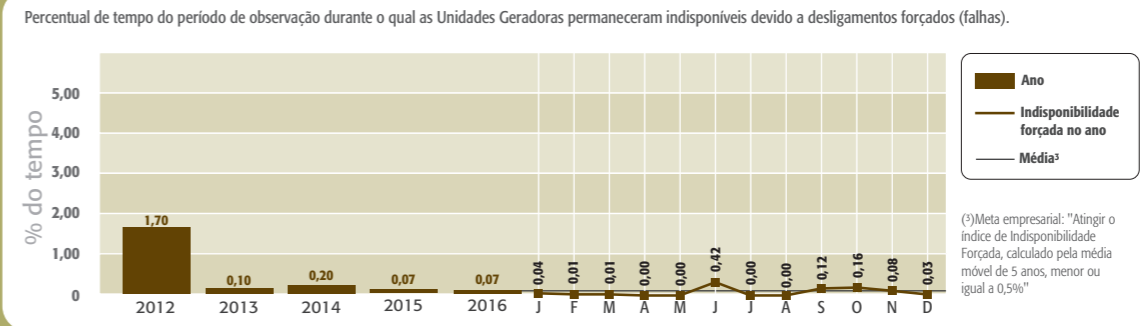
(1) Meta empresarial: "Atingir o índice de Disponibilidade, calculado pela média móvel de 5 anos, maior ou igual a 93%".

### INDISPONIBILIDADE PROGRAMADA



(2) Meta empresarial: "Índice médio estabelecido pela meta empresarial menor que 6,5%".

### INDISPONIBILIDADE FORÇADA



(3) Meta empresarial: "Atingir o índice de Indisponibilidade Forçada, calculado pela média móvel de 5 anos, menor ou igual a 0,5%".





Integração  
que gera energia  
e desenvolvimento



[www.itaipu.gov.br](http://www.itaipu.gov.br)