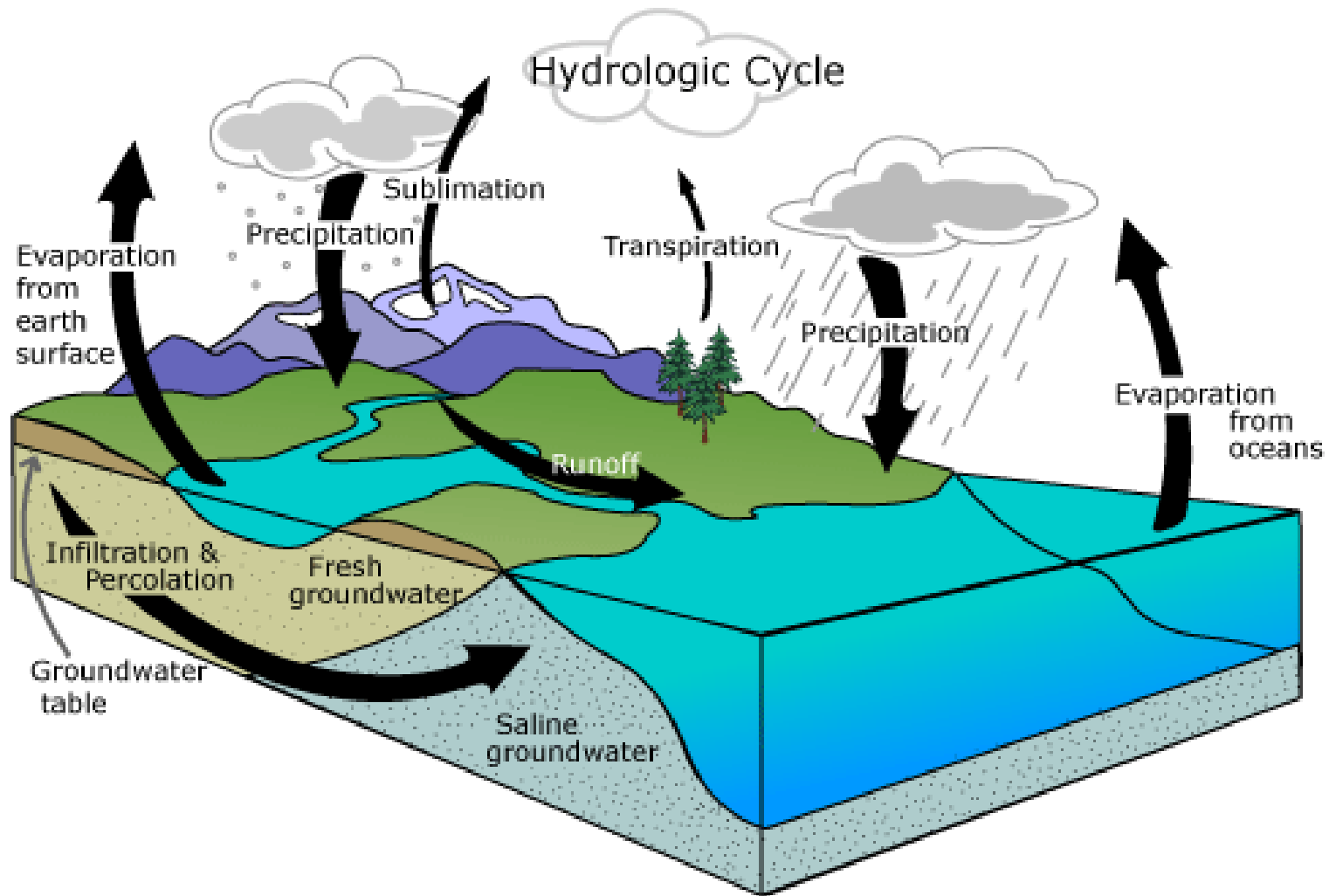




Energia hidroeléctrica

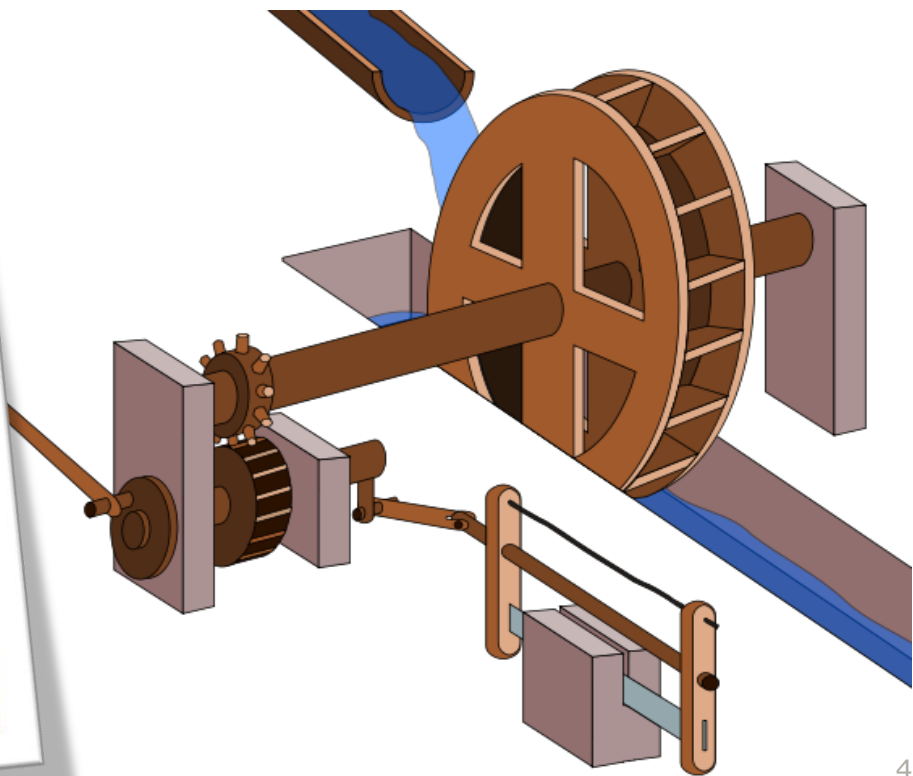
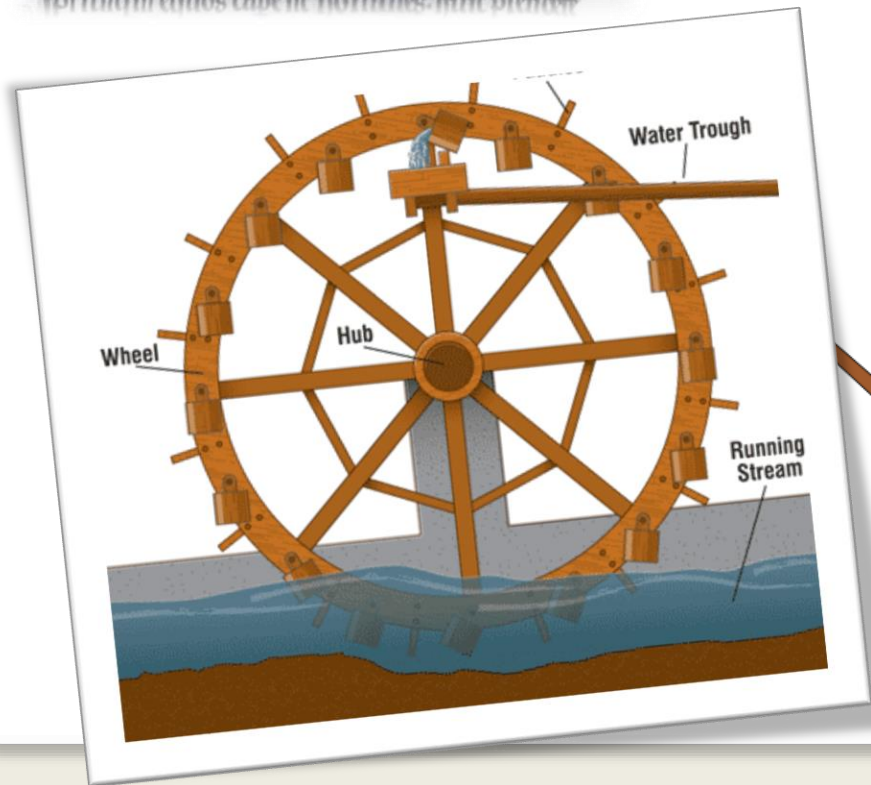
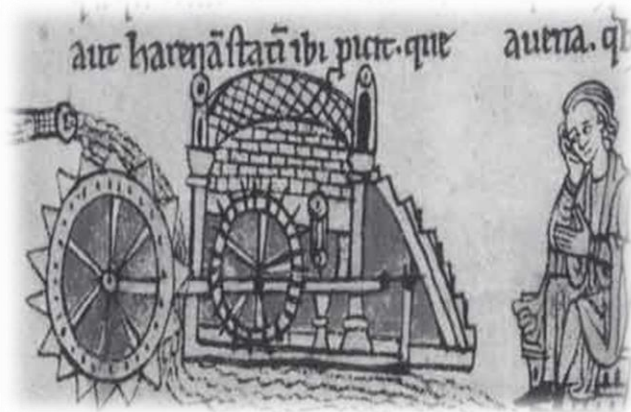
Energias Renováveis

Miguel Centeno Brito





simus & asellus ascendit dicitur. qd asellus
dicitur. sed hoc nomen qd magis equis
veniebat: ideo hoc animal simpsit. qd
primum equos capere homines. hunc presider



ENERGIA HÍDRICA

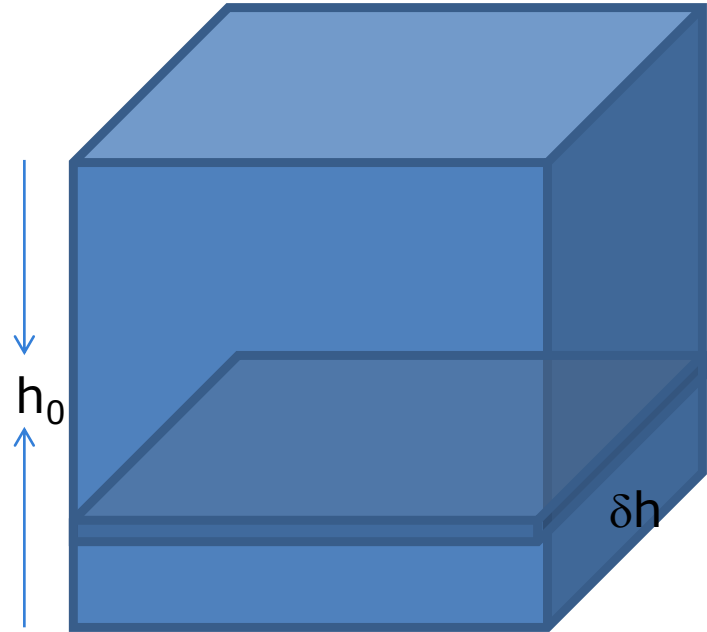
Qual a energia potencial gravítica num volume de água?

$$dE_p = (dm)gh = (\rho A dh)$$

$$E_p = \int_0^{h_0} dE_p dh = \int_0^{h_0} \rho A g h dh$$

$$= \rho A g \frac{h_0^2}{2} = \rho (A h_0) g \frac{h_0}{2}$$

$$E_p = \frac{1}{2} \rho V g$$



e.g. Alto Rabagão

Área 2200ha;

Desnível 130m;

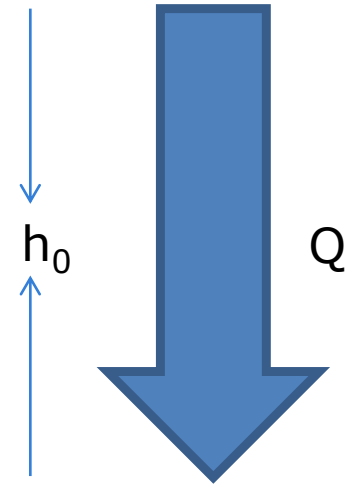
Produção média anual 115×10^6 kWh

ENERGIA HÍDRICA

Qual a potência mecânica de um curso de água?

$$P_m = \rho g Q h_0$$

$$\left[W = \frac{kg}{m^3} \frac{m}{s^2} \frac{m^3}{s} m \right]$$



Qual a potência eléctrica produzida por de um curso de água?

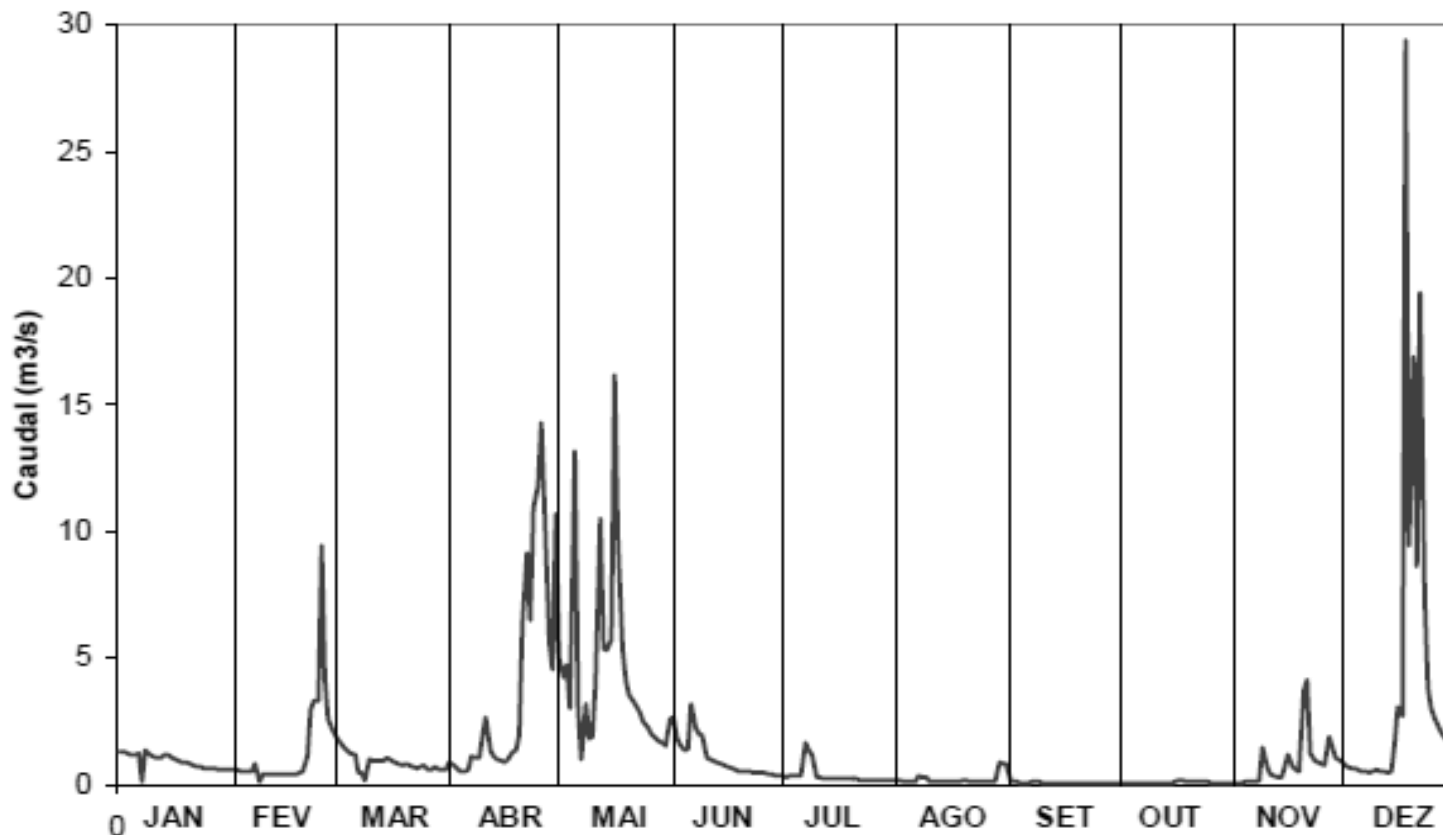
$$P_e = \eta_t \eta_e \rho g Q h_0$$

eficiência da turbina (80%) x eficiência gerador (98%)

ENERGIA HÍDRICA

Curva (média) de duração de caudais (médios diários)

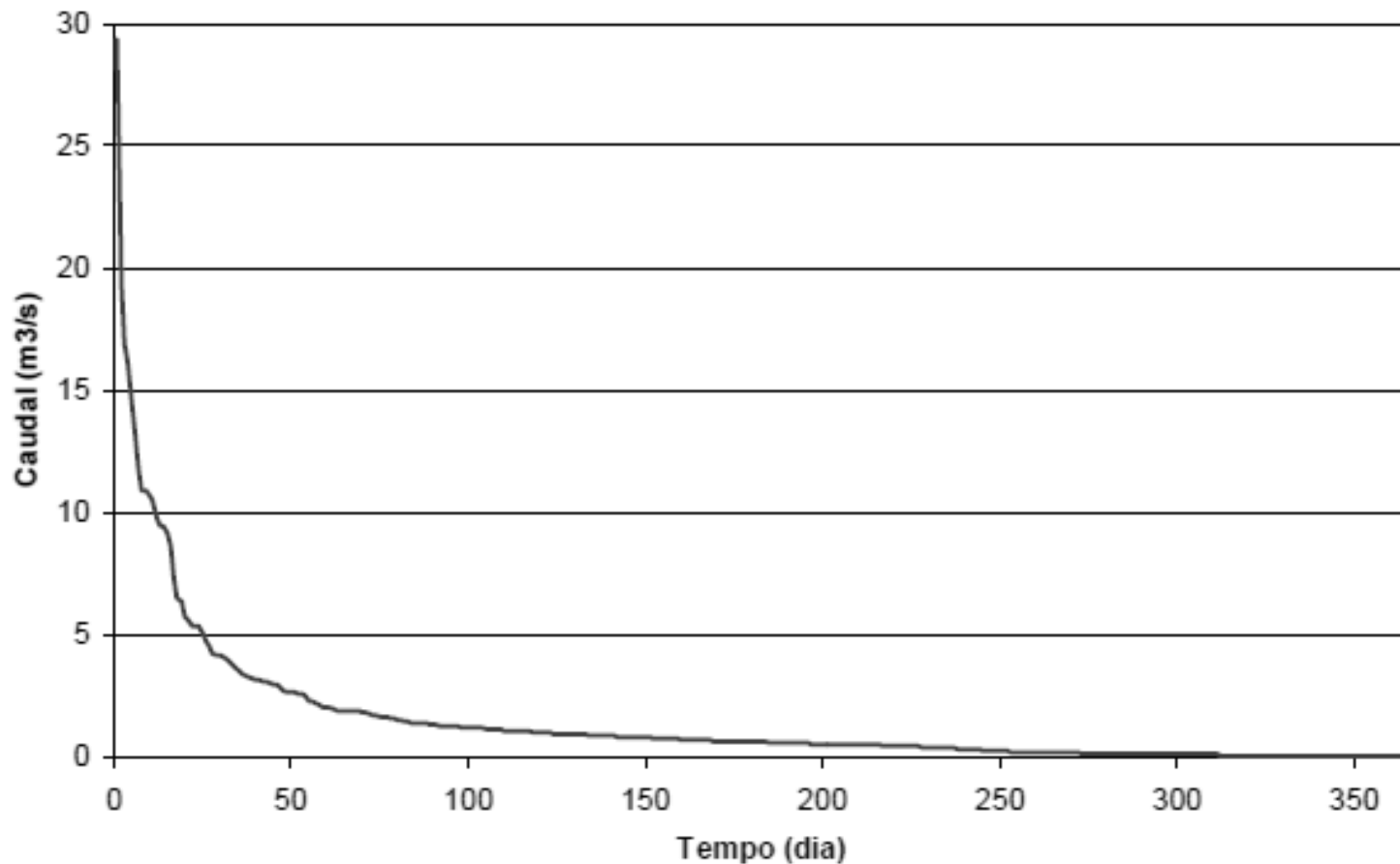
Na realidade o caudal não é constante.



ENERGIA HÍDRICA

Curva (média) de duração de caudais (médios diários)

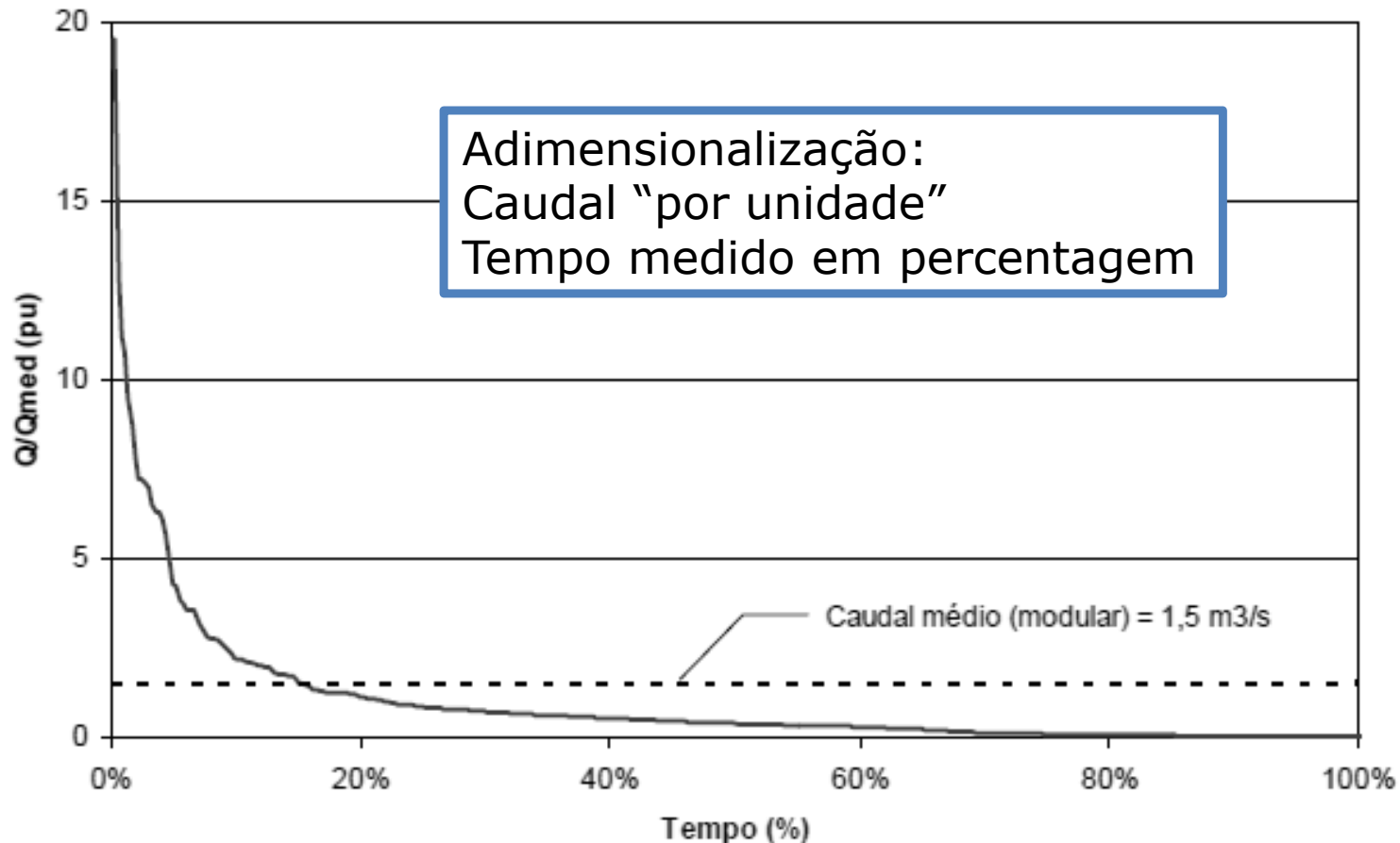
Na realidade o caudal não é constante.



ENERGIA HÍDRICA

Curva (média) de duração de caudais (médios diários)

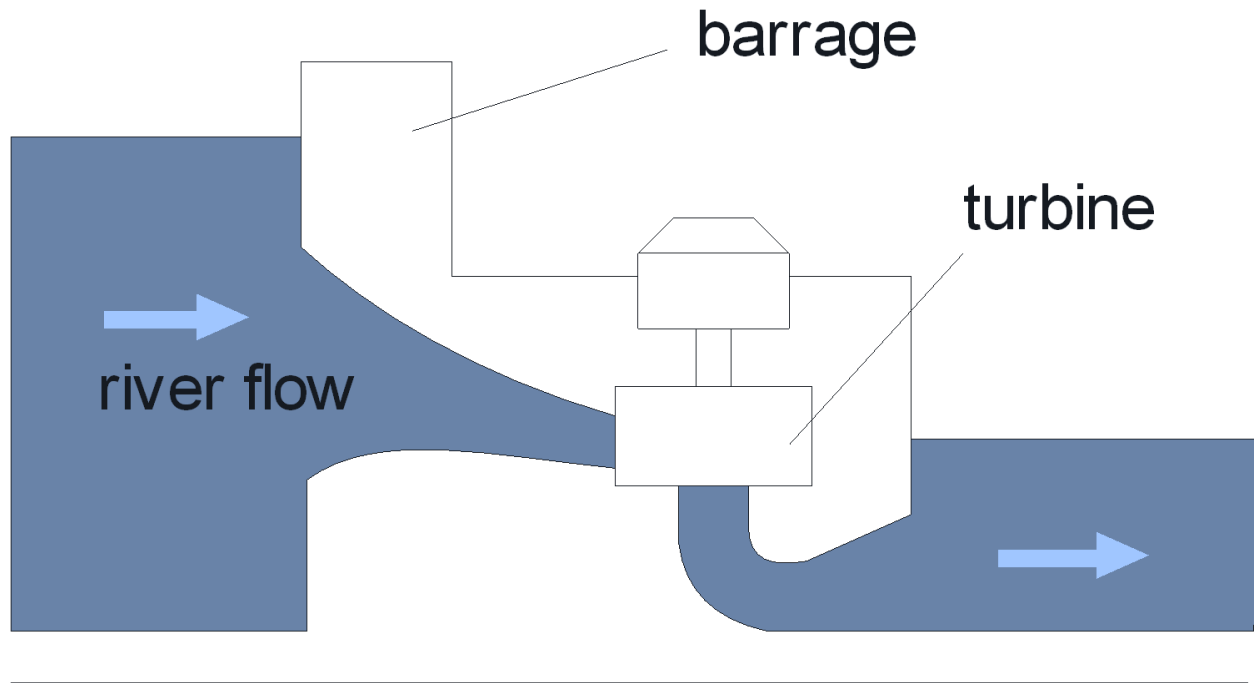
Na realidade o caudal não é constante.



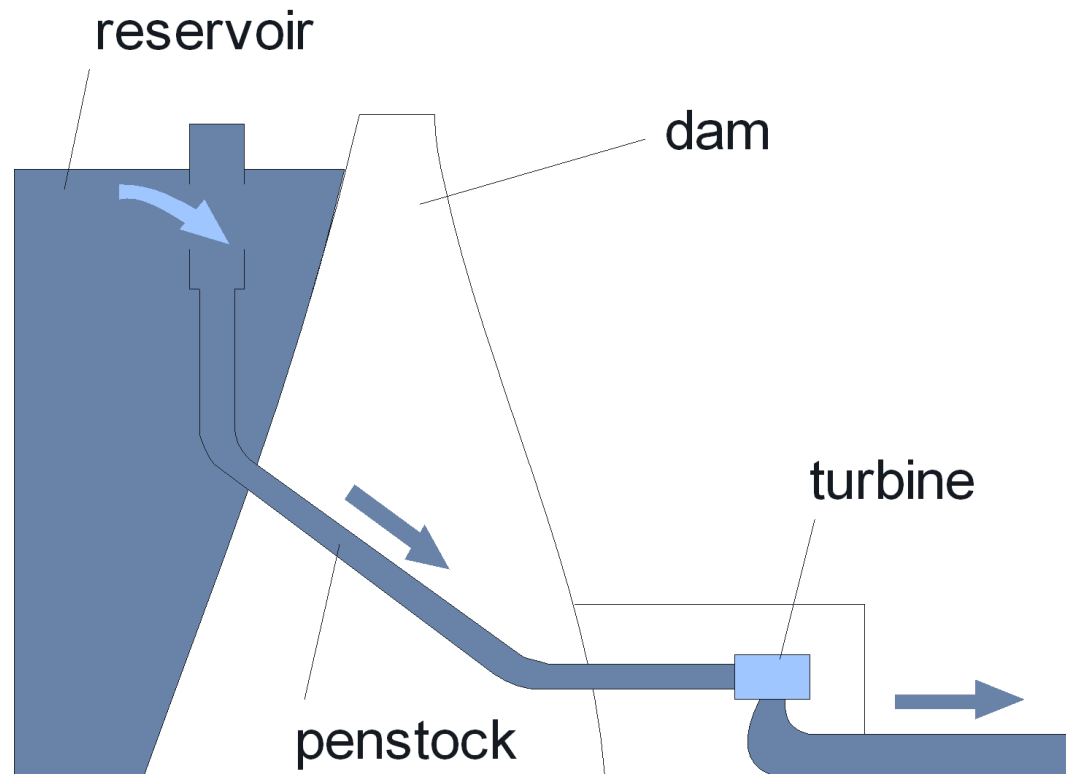
TIPOS DE APROVEITAMENTO HIDROELÉCTRICOS

Fio de água ou

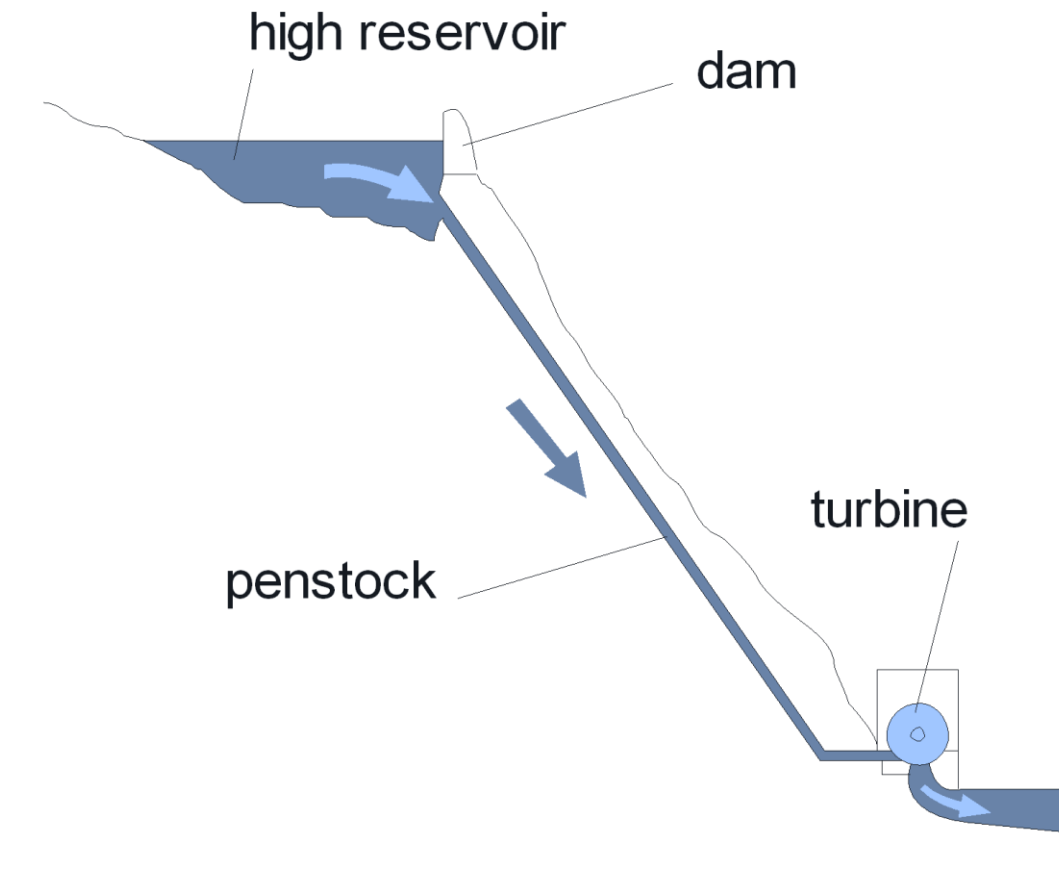
Albufeira, reversível ou não.



(a) low head



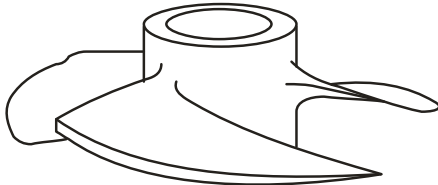
(b) medium head



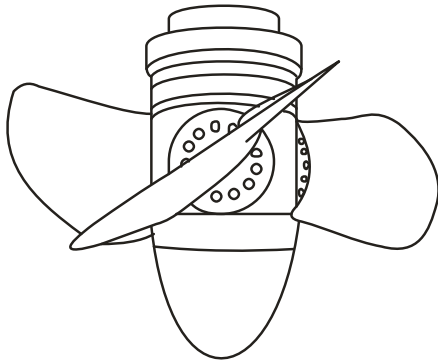
(c) high head

TIPOS DE TURBINA

a)

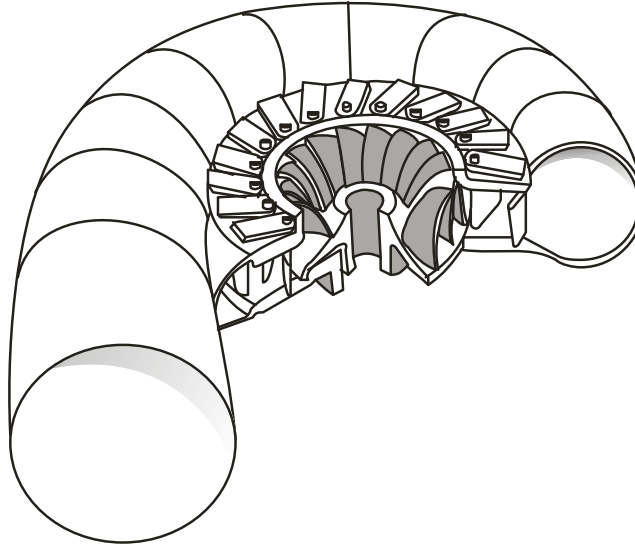


Fixed blades

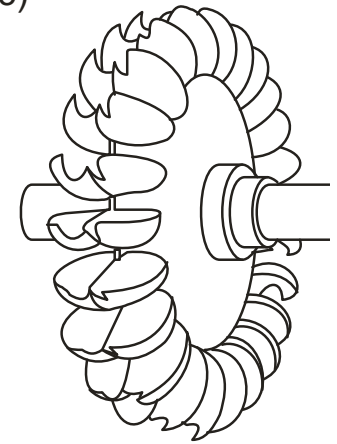


Adjustable blades (Kaplan)

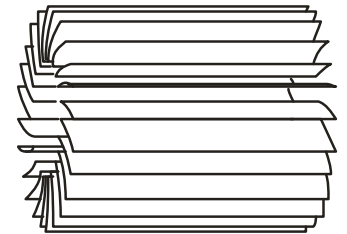
b)



c)

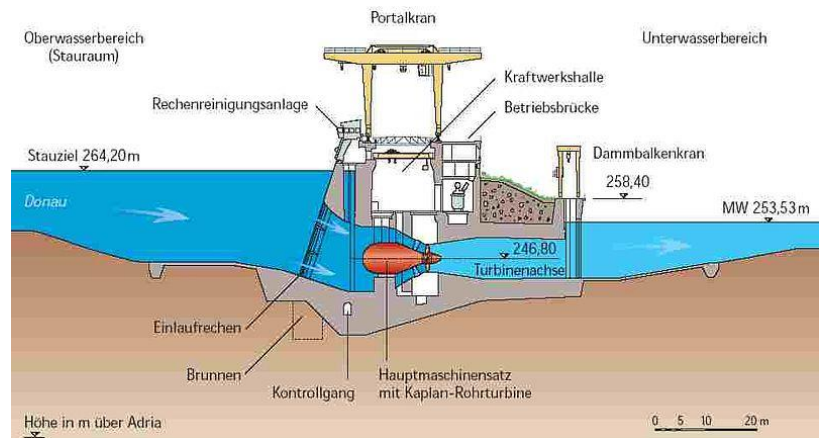
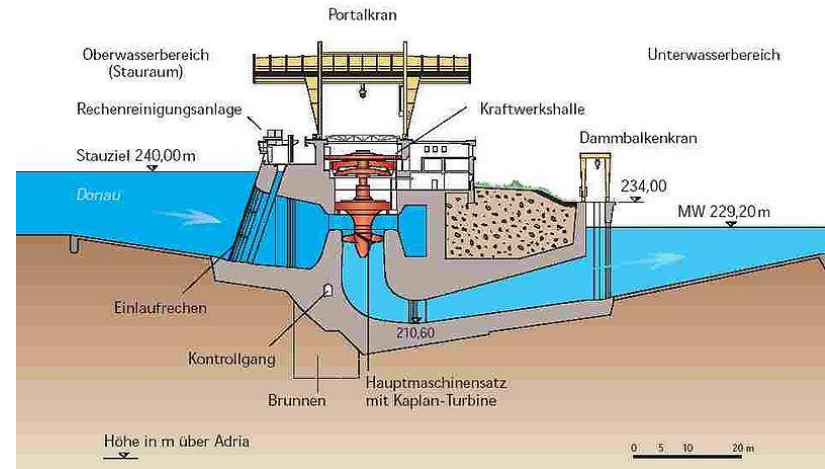
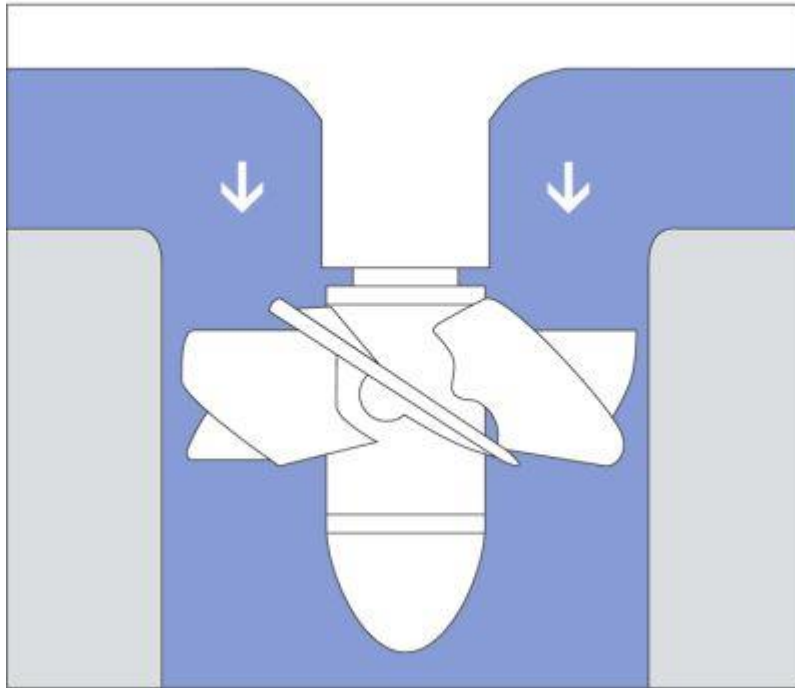


d)

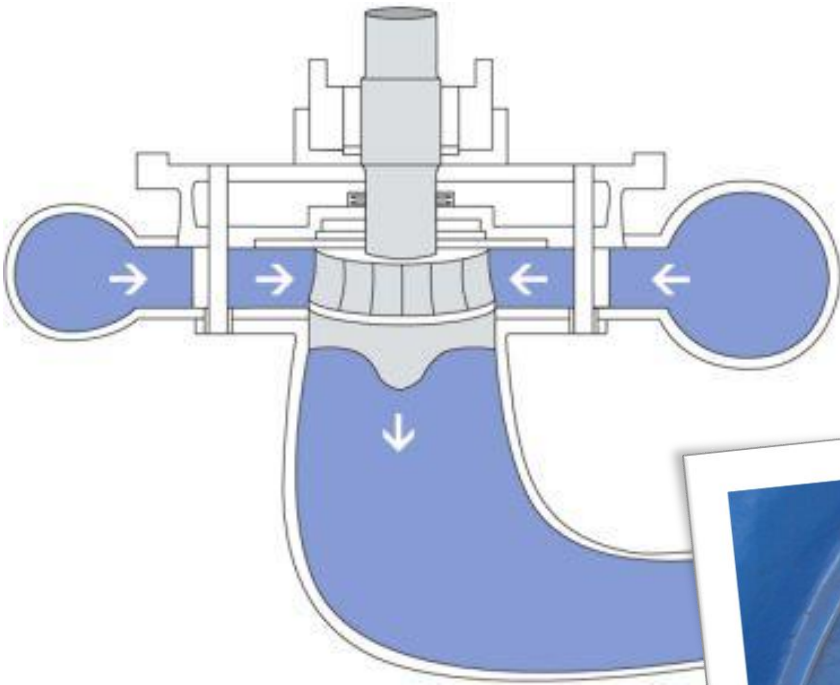


Four runner designs used in hydroelectric turbines: (a) propeller type, with either fixed blades or adjustable blades (the Kaplan turbine), (b) Francis type, (c) Pelton wheel type, and (d) cross-flow type

Turbina Kaplan



Turbina Francis



Turbina Francis

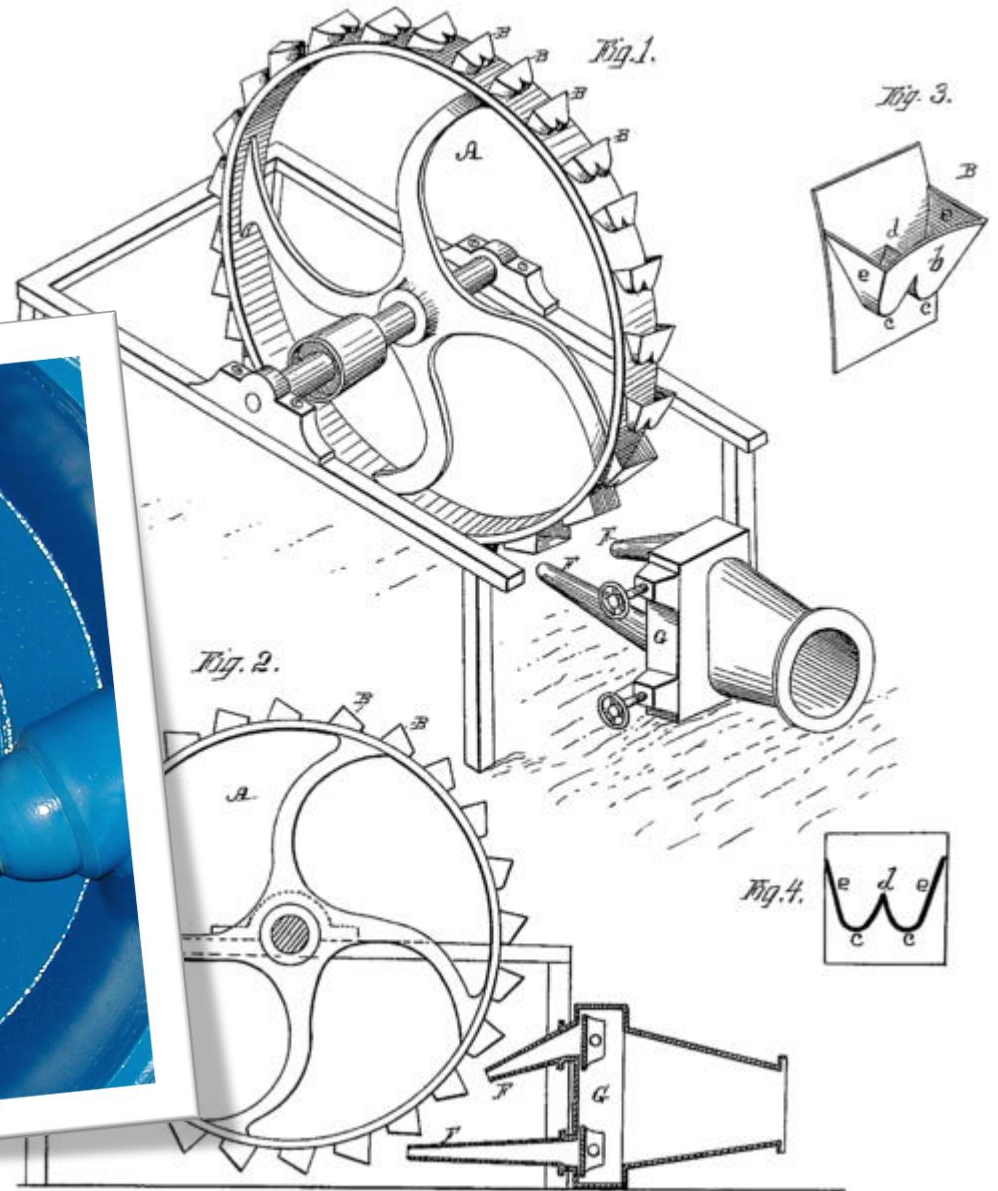
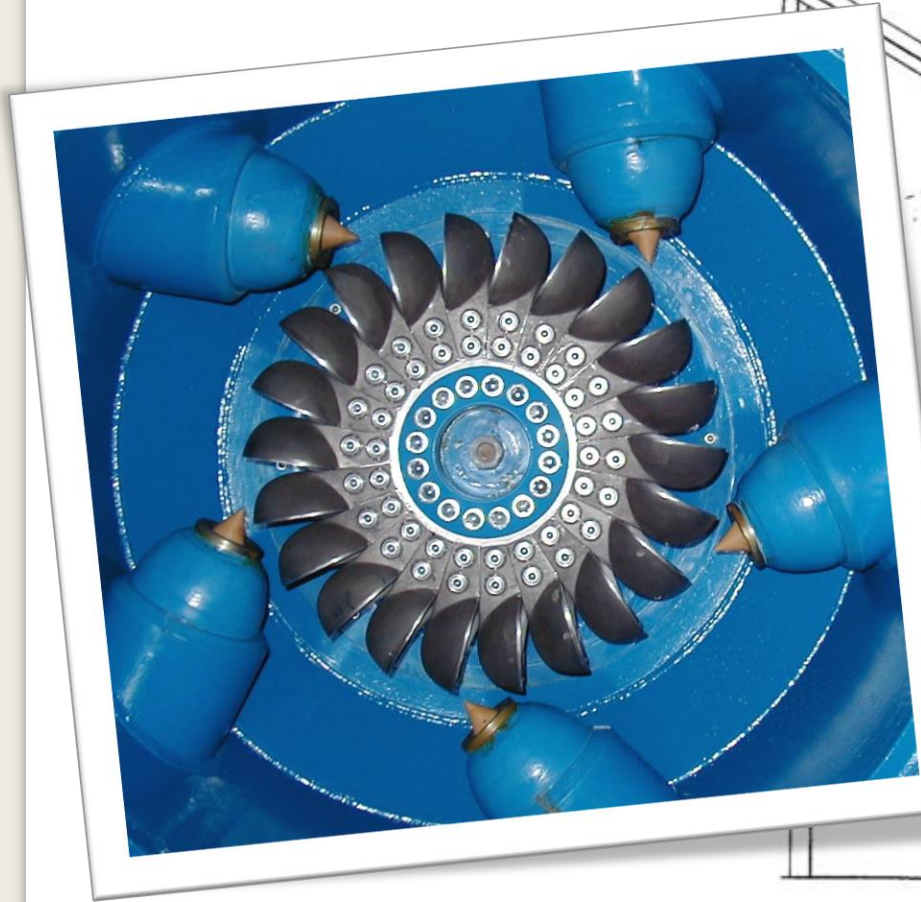


八局
转轮顺利吊入厂房

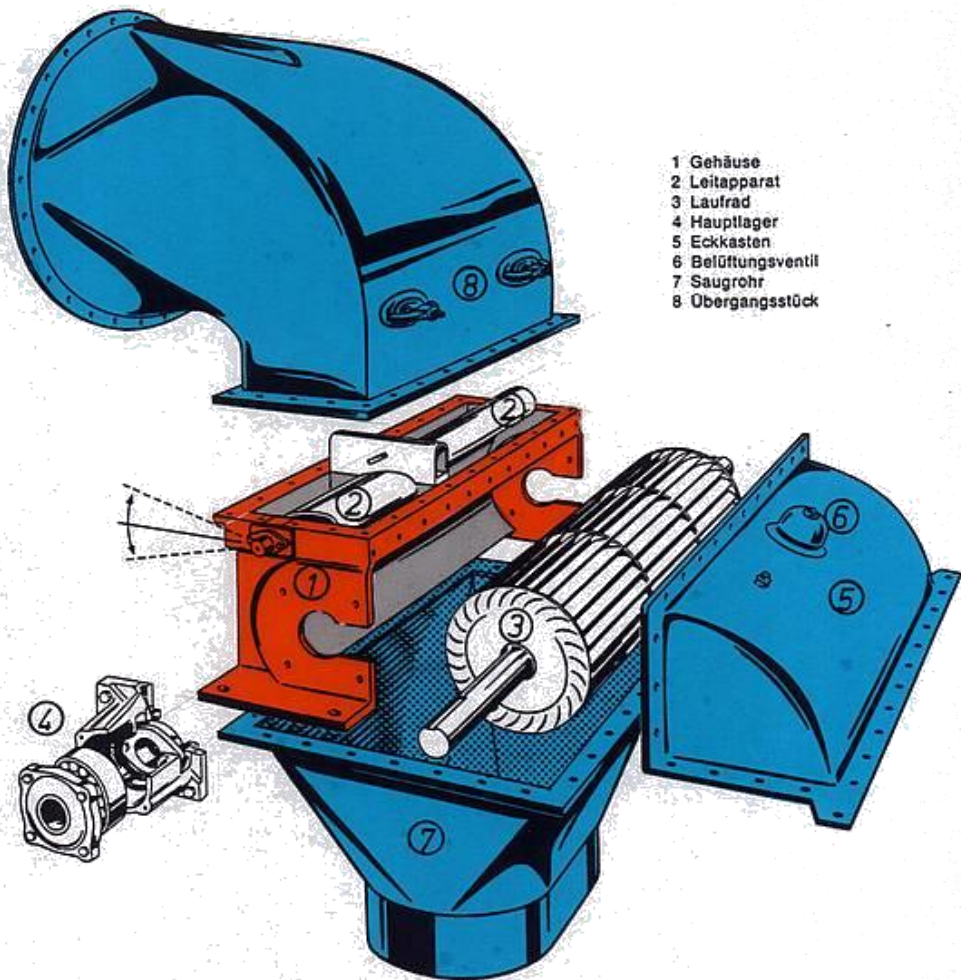
35
FC 030058

SeaLand

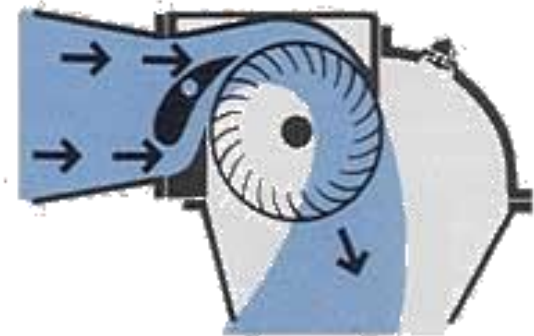
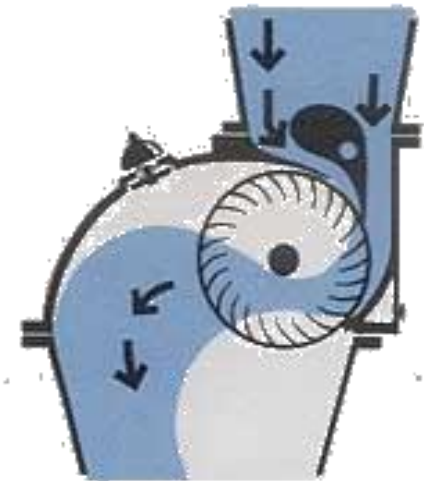
Turbina Pelton



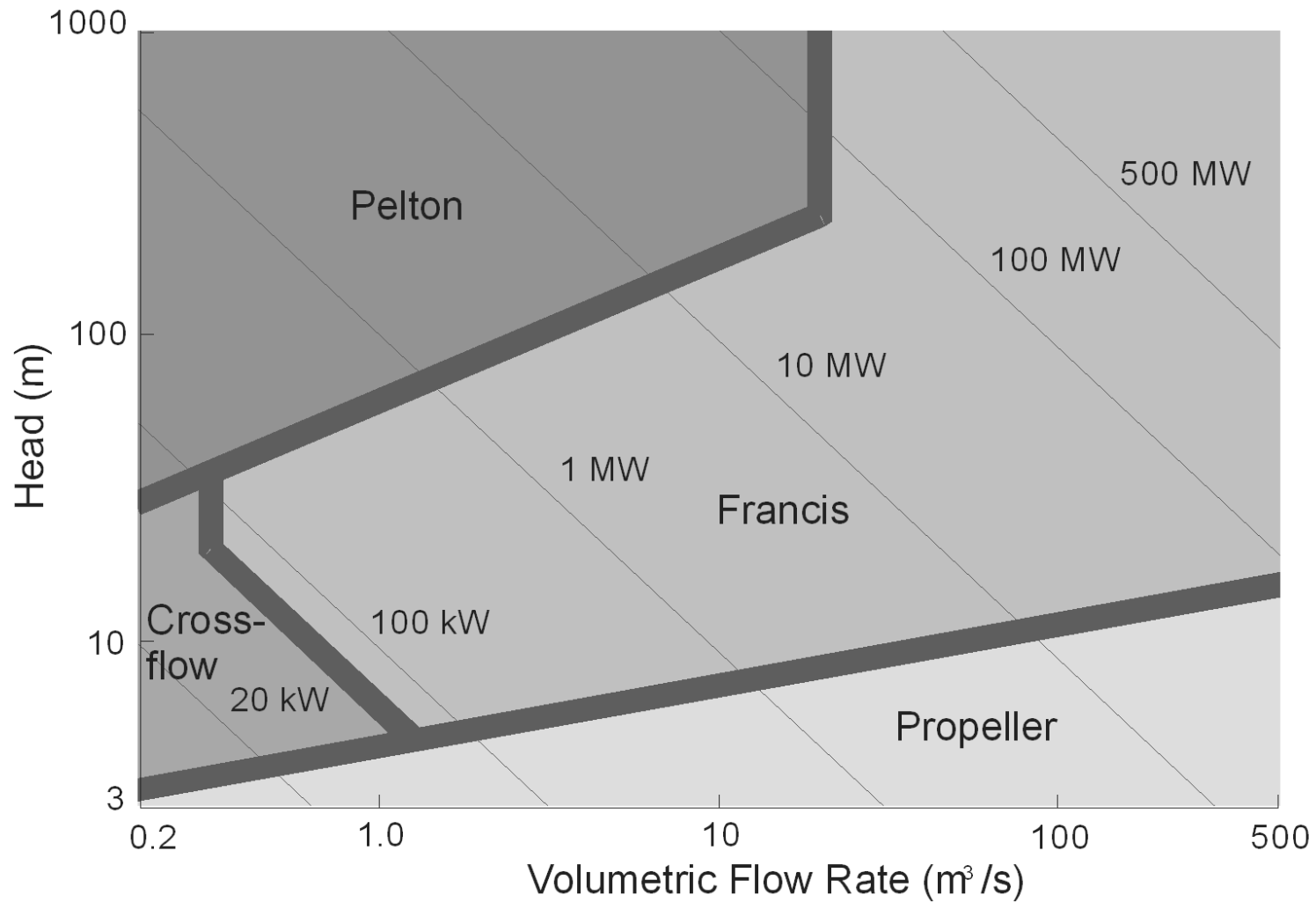
Turbina Banki (cross flow)



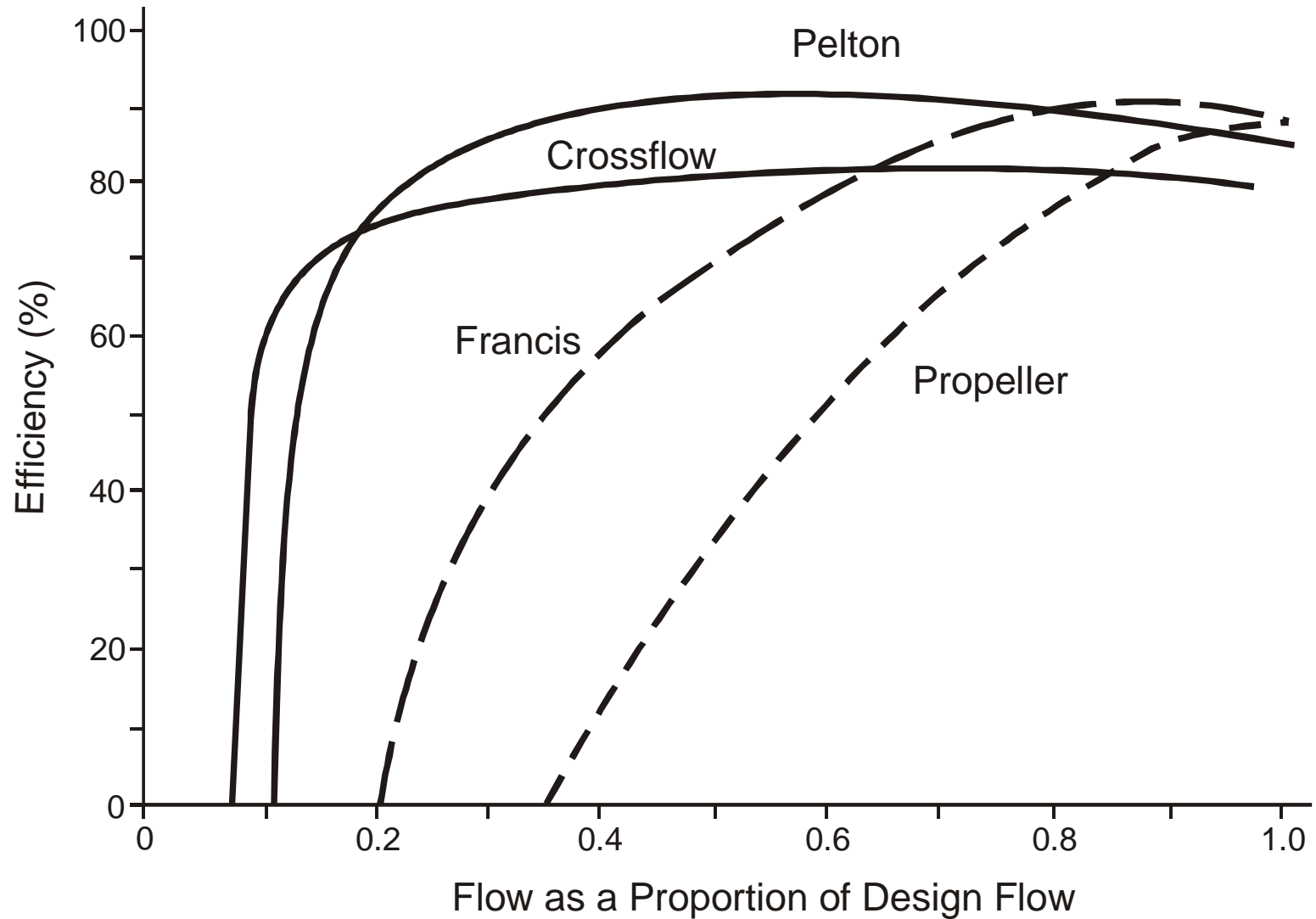
- 1 Gehäuse
- 2 Leitapparat
- 3 Laufrad
- 4 Hauptlager
- 5 Eckkasten
- 6 Belüftungsventil
- 7 Saugrohr
- 8 Übergangsstück



TIPOS DE TURBINA



TIPOS DE TURBINA

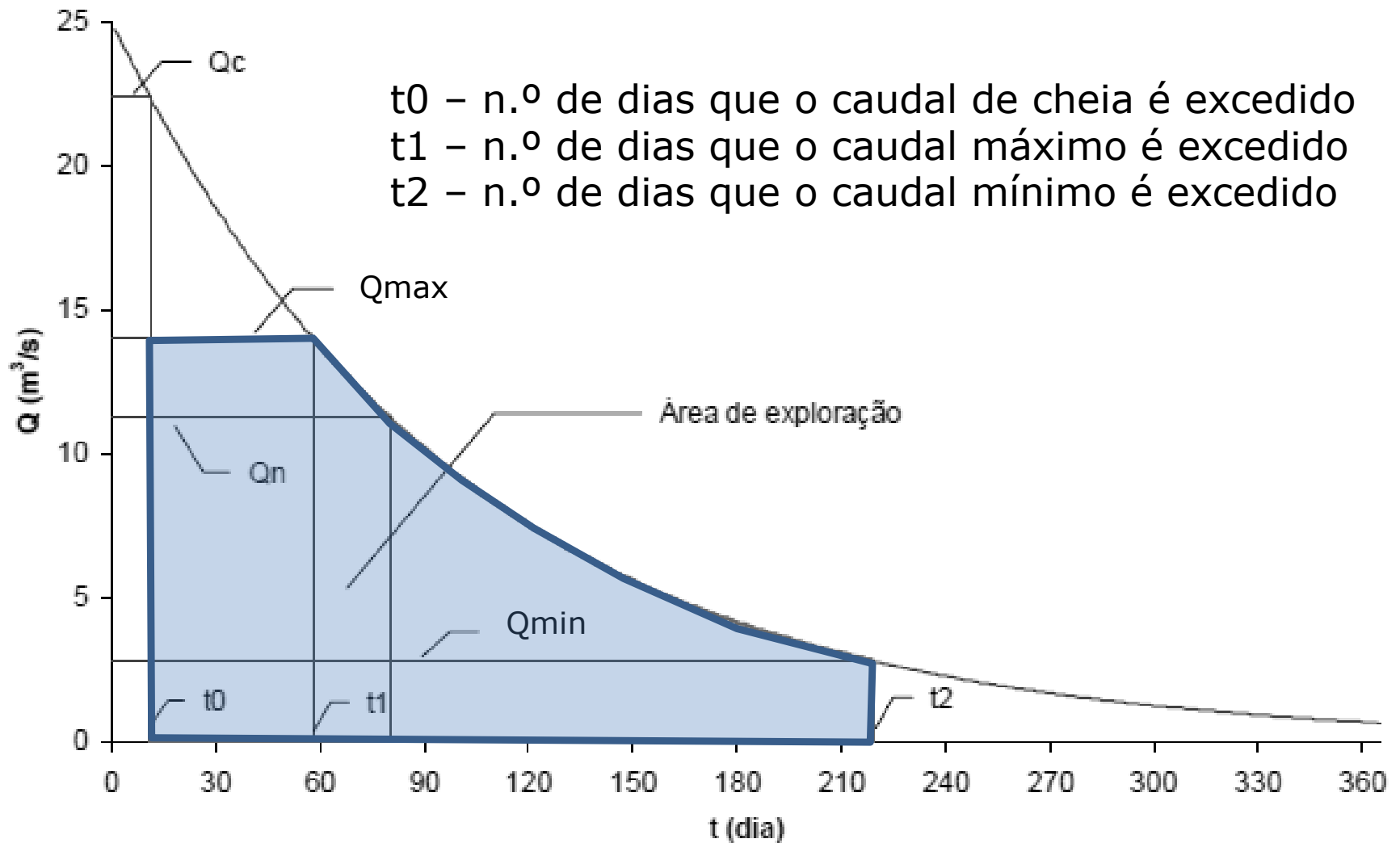


TIPOS DE TURBINA

Limites de exploração das turbinas

Turbina	$\alpha_1 = \frac{Q_{\min}}{Q_N}$	$\alpha_2 = \frac{Q_{\max}}{Q_N}$
Pelton	0,15	1,15
Francis	0,35	1,15
Kaplan com dupla regulação	0,25	1,25
Kaplan com rotor regulado	0,4	1,0
Hélice	0,75	1,0

ENERGIA PRODUZIDA POR UMA CENTRAL HÍDRICA



World installed hydropower capacity at the end of 2016: 1,246 GW (including 150 GW pumped storage)

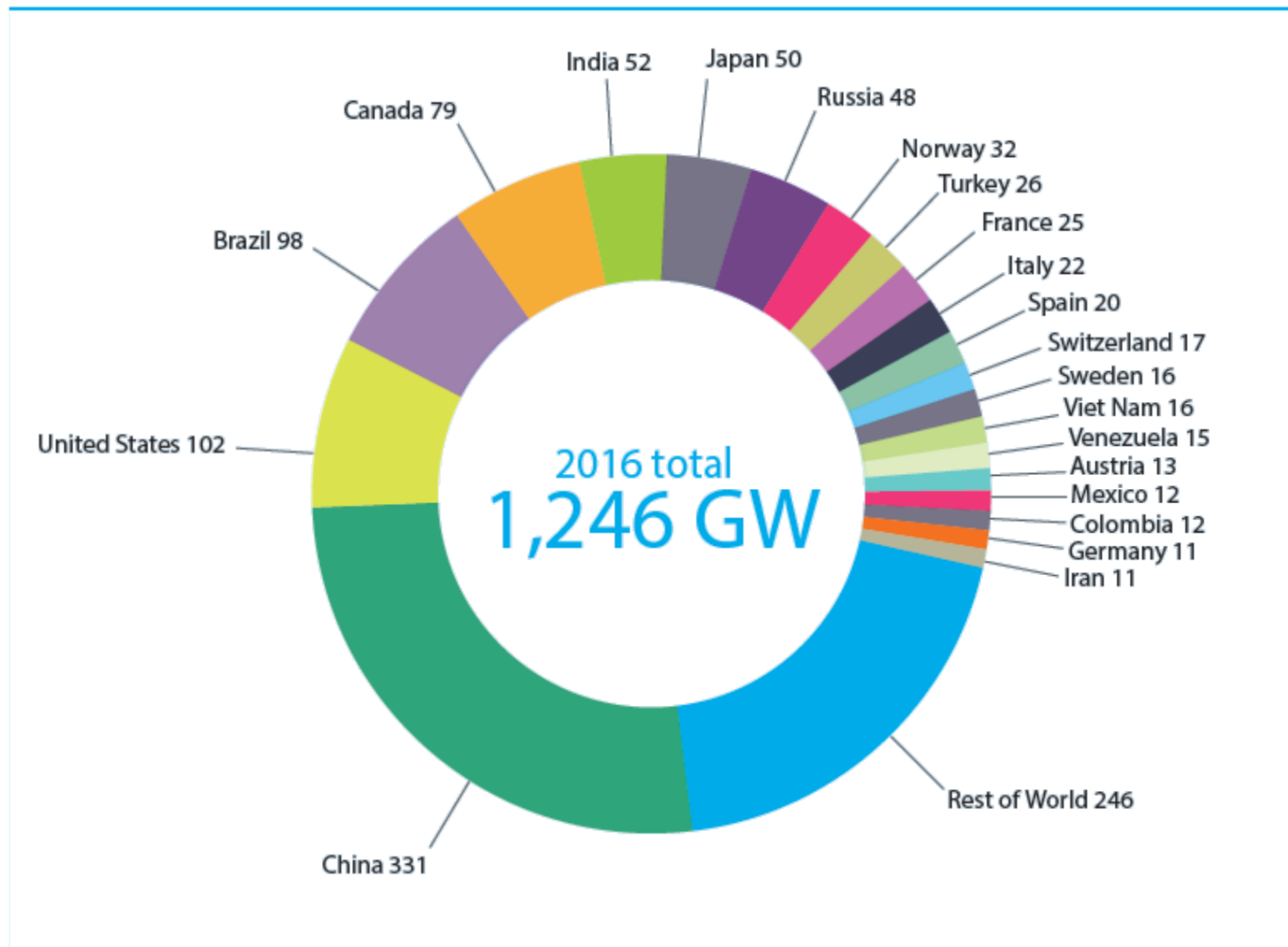
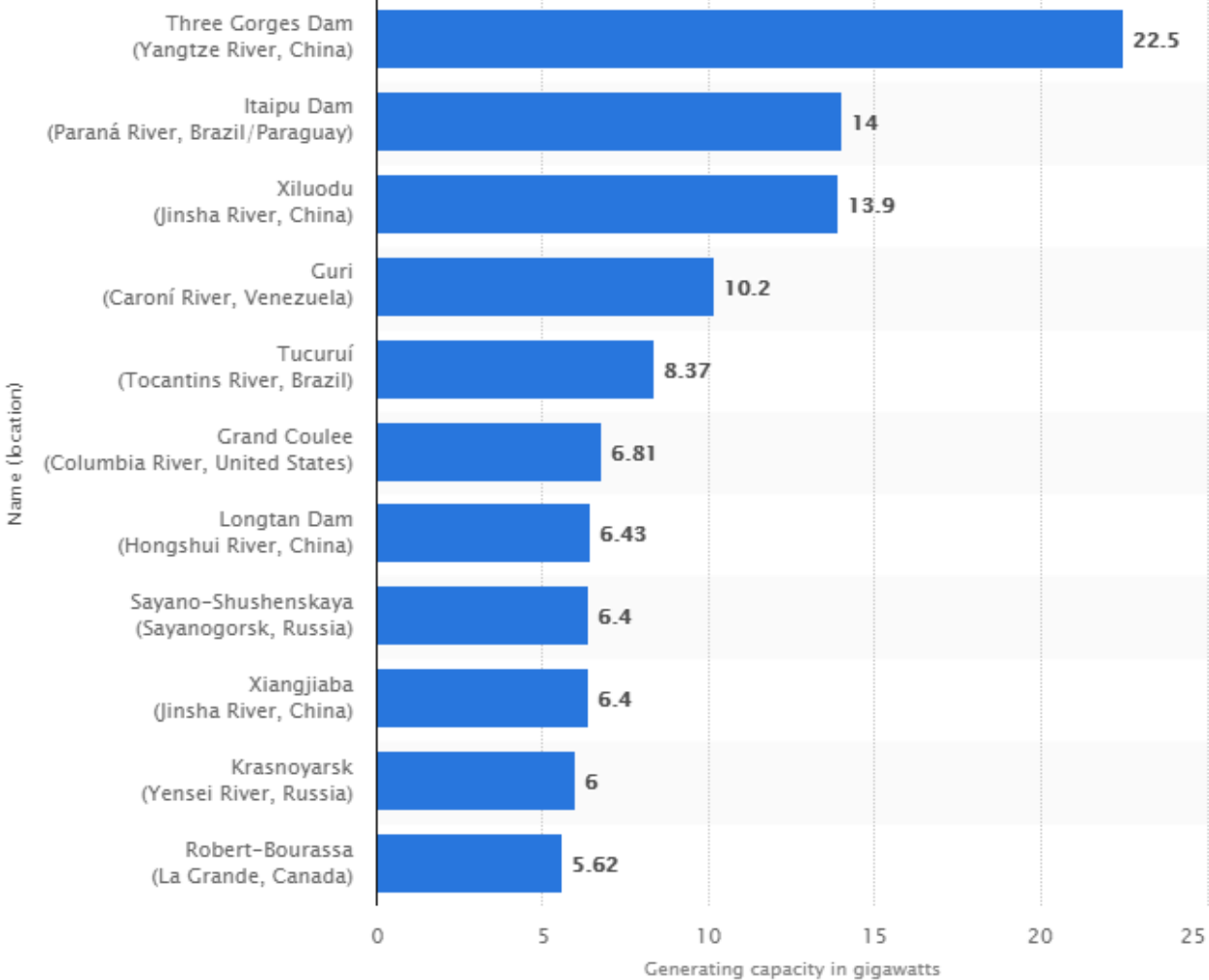
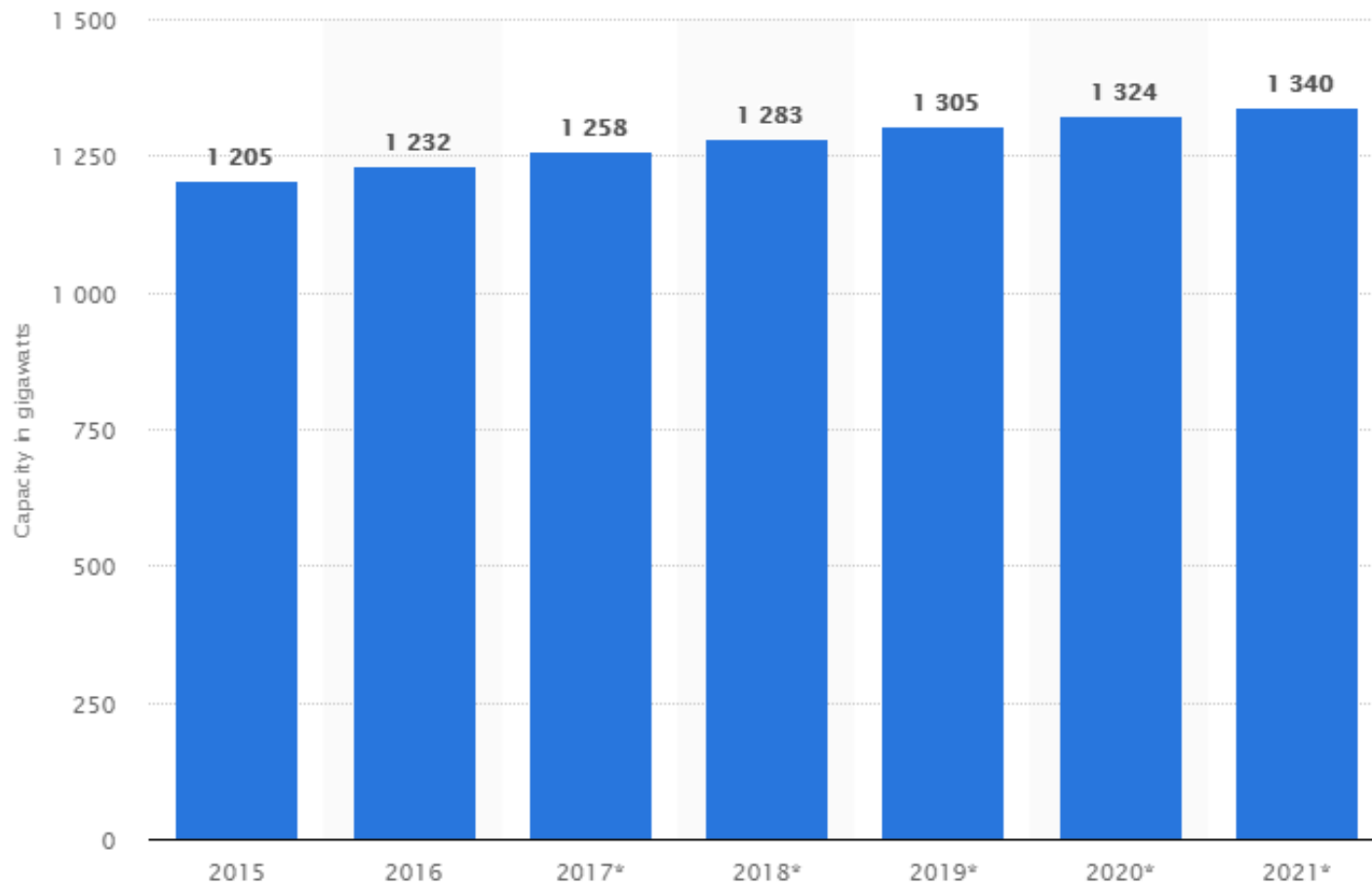


Figure 2: Global total of installed hydropower capacity (GW) by country at the end of 2016, including pumped storage

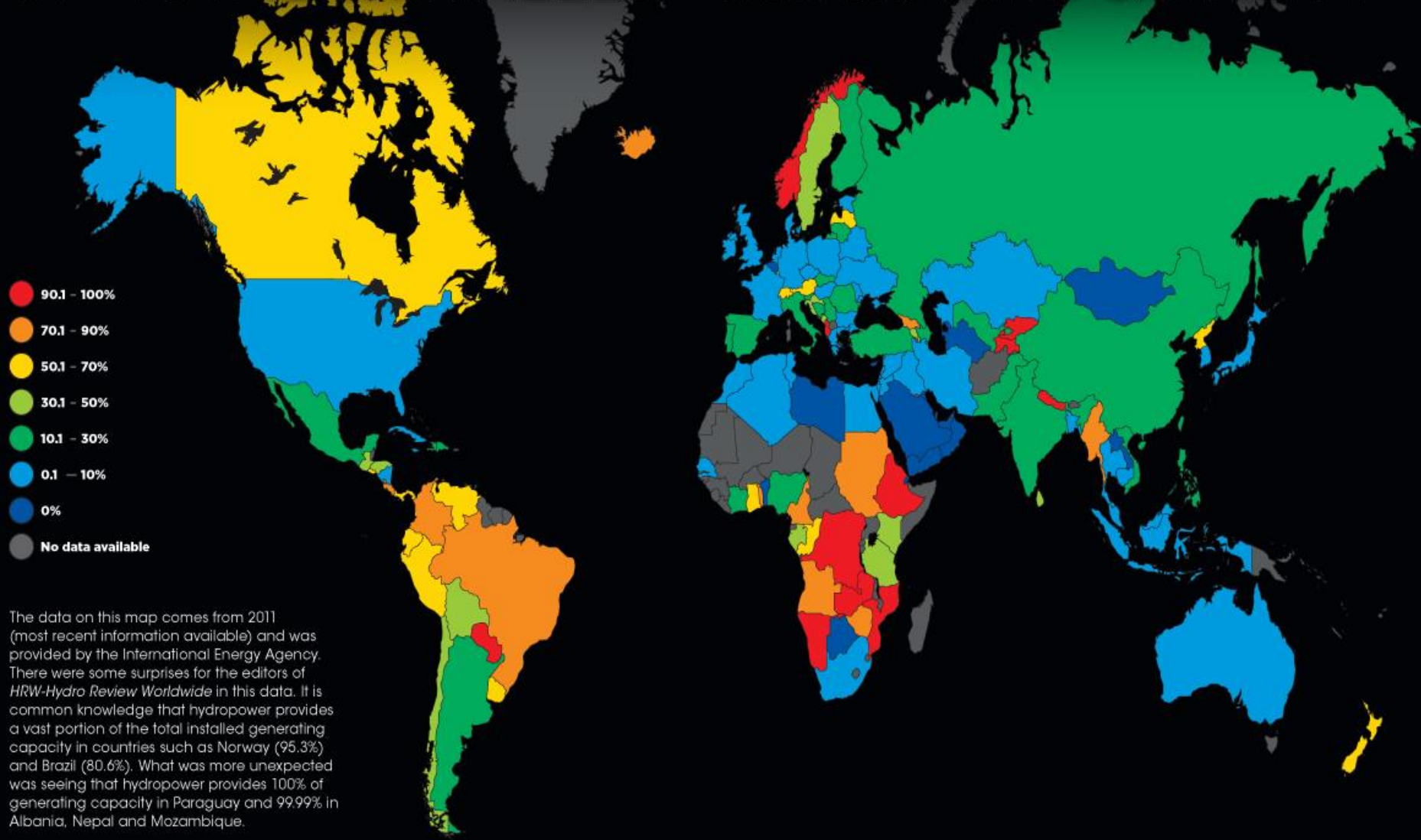
As maiores barragens do mundo (2017)



Capacidade instalada (mundo)



HYDROPOWER AS A PERCENT OF TOTAL INSTALLED GENERATING CAPACITY



The data on this map comes from 2011 (most recent information available) and was provided by the International Energy Agency. There were some surprises for the editors of *HRW-Hydro Review Worldwide* in this data. It is common knowledge that hydropower provides a vast portion of the total installed generating capacity in countries such as Norway (95.3%) and Brazil (80.6%). What was more unexpected was seeing that hydropower provides 100% of generating capacity in Paraguay and 99.99% in Albania, Nepal and Mozambique.

Worldwide distribution of pumped storage capacity (GW) at the end of 2016

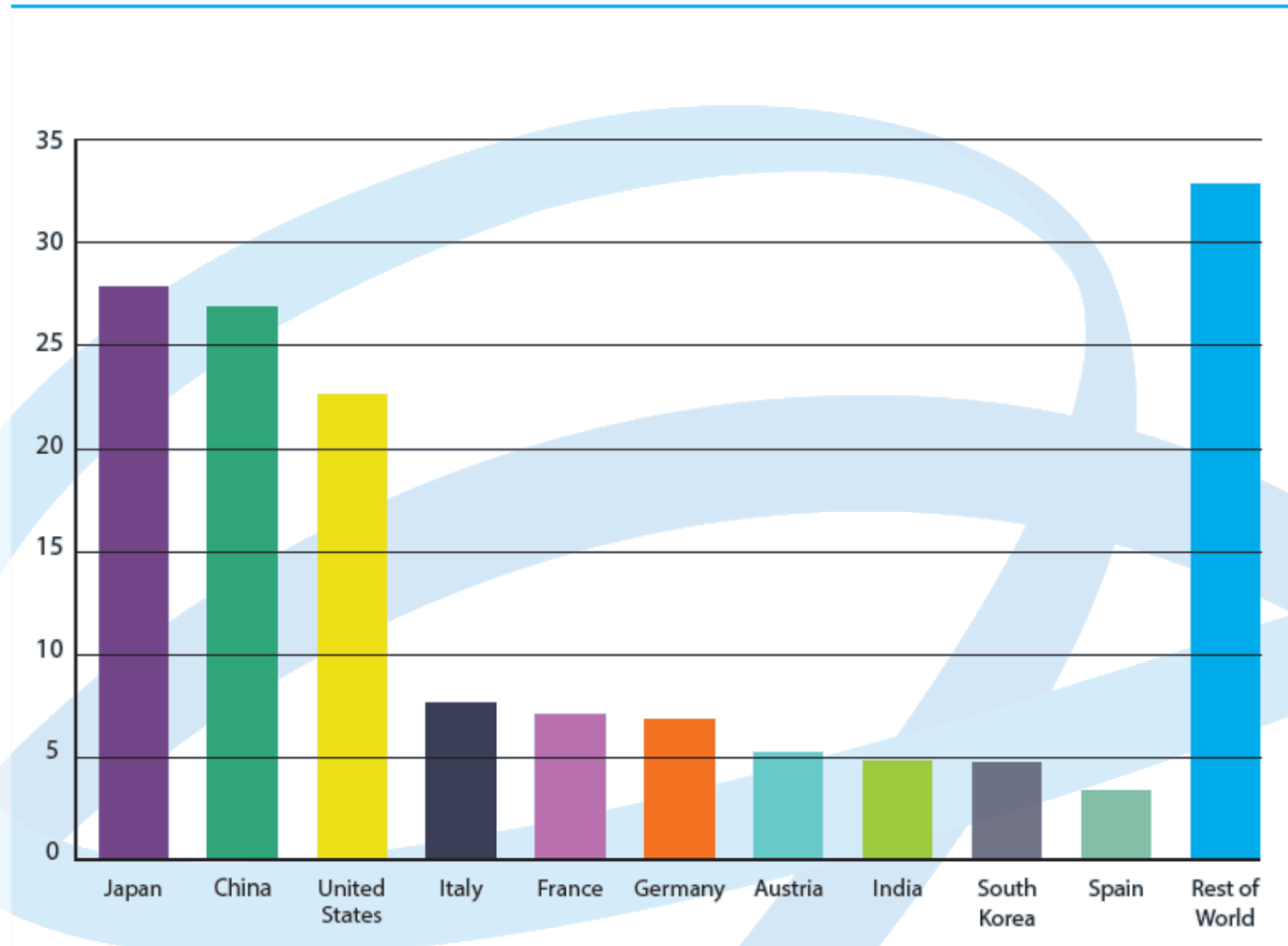


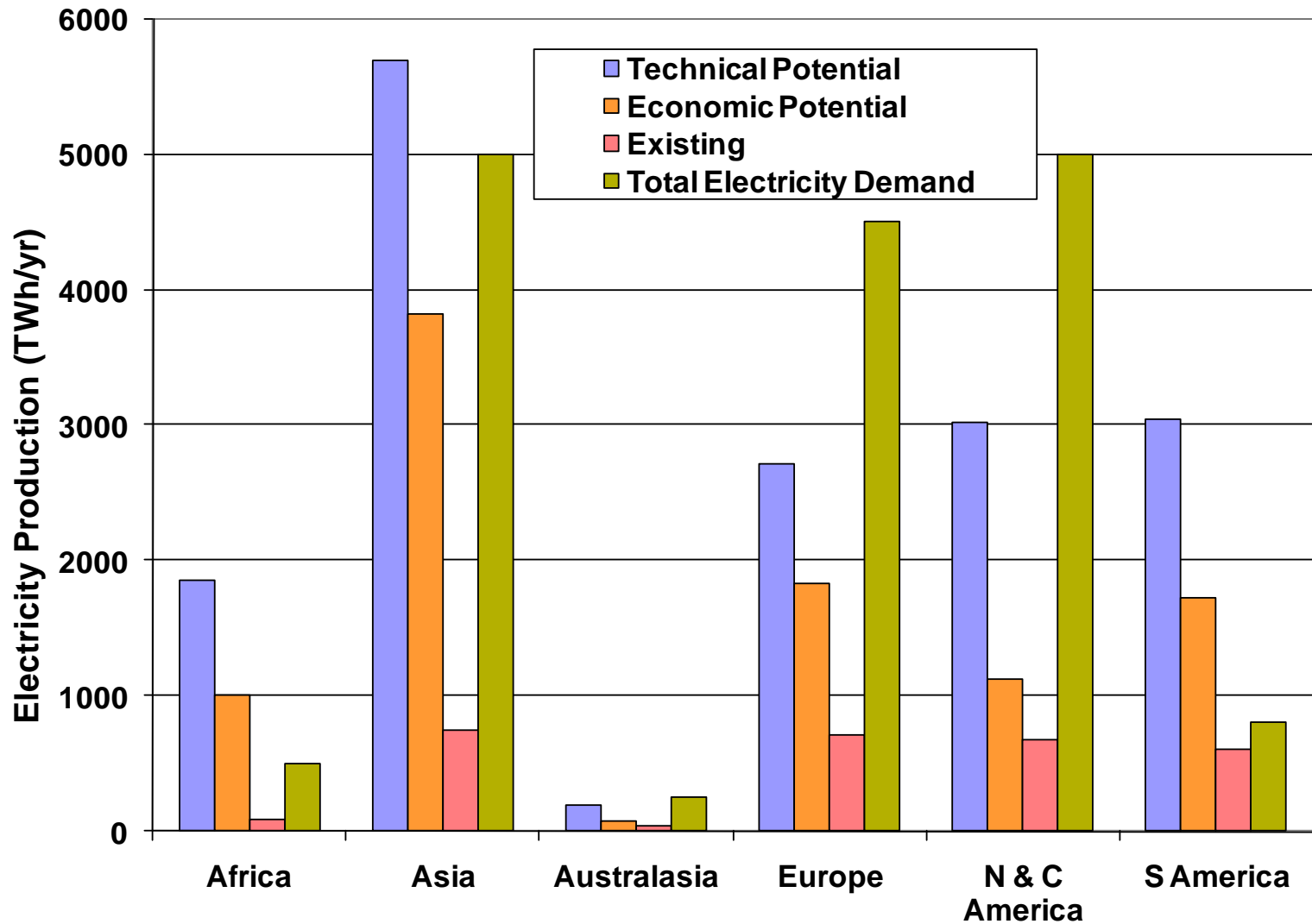
Figure 3: Pumped storage hydropower capacity (GW) in operation; 6.2 GW added in 2016.

CAPACIDADE INSTALADA

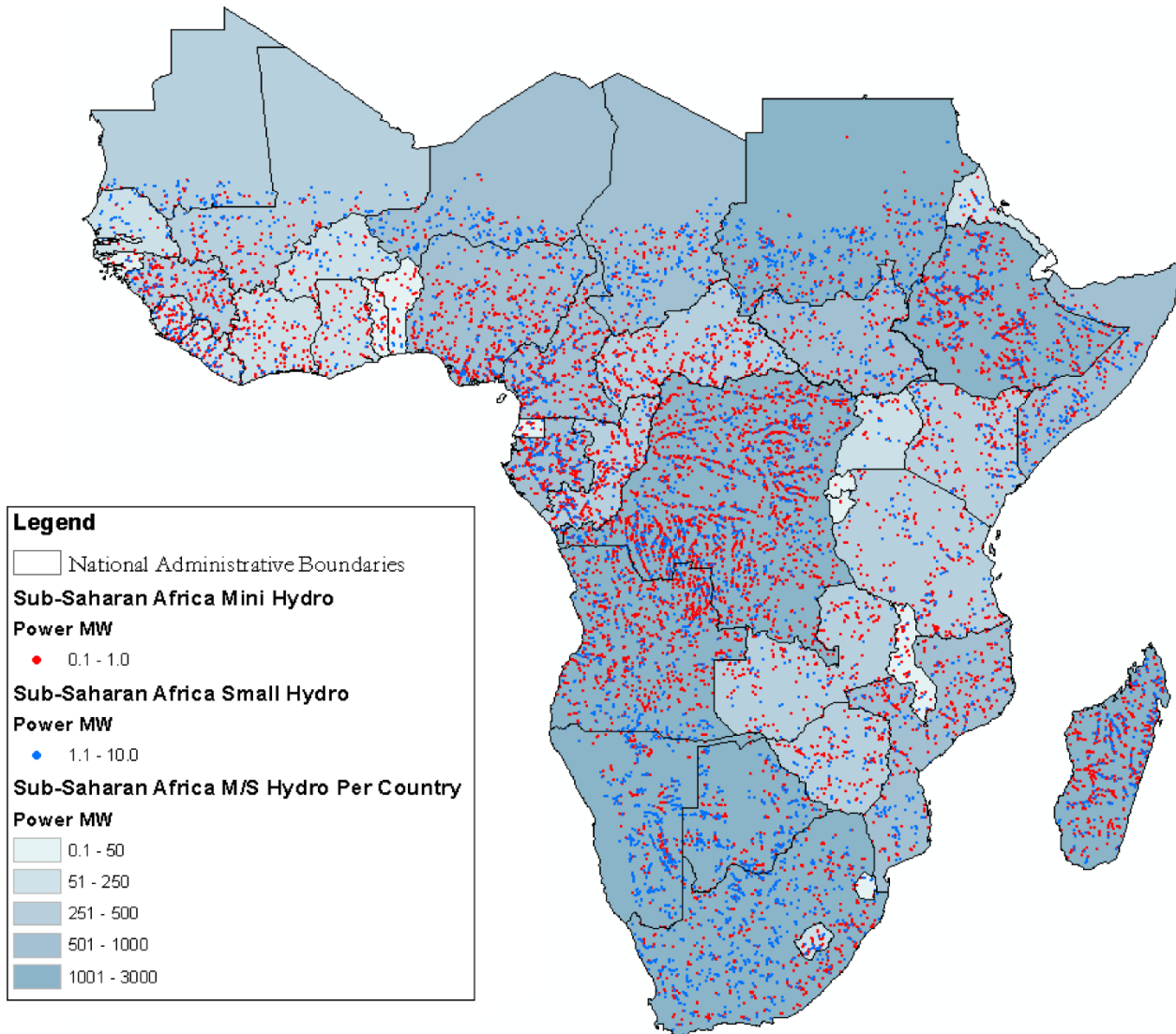
Pequena hídrica (<10MW)

PAÍS	< 10 MW		Porcentagem do total	
	GW	TWh/yr	Potência	Energia
China	9.5		5%	
Japão	3.48		13%	
EUA	2.84	10.7	4%	4%
Itália	2.41	7.6	14%	21%
França	2.02	5.8	8%	10%
Espanha	1.79	4.7	10%	20%
Brazil	1.43	6.7	2%	2%
Austria	0.99	4	8%	10%
Suécia	0.99	3.8	6%	5%
Répubblica Checa	0.28	1.1	28%	45%
Peru	0.23	1	7%	6%
Europa	12.5		10%	
América Norte	5.1			

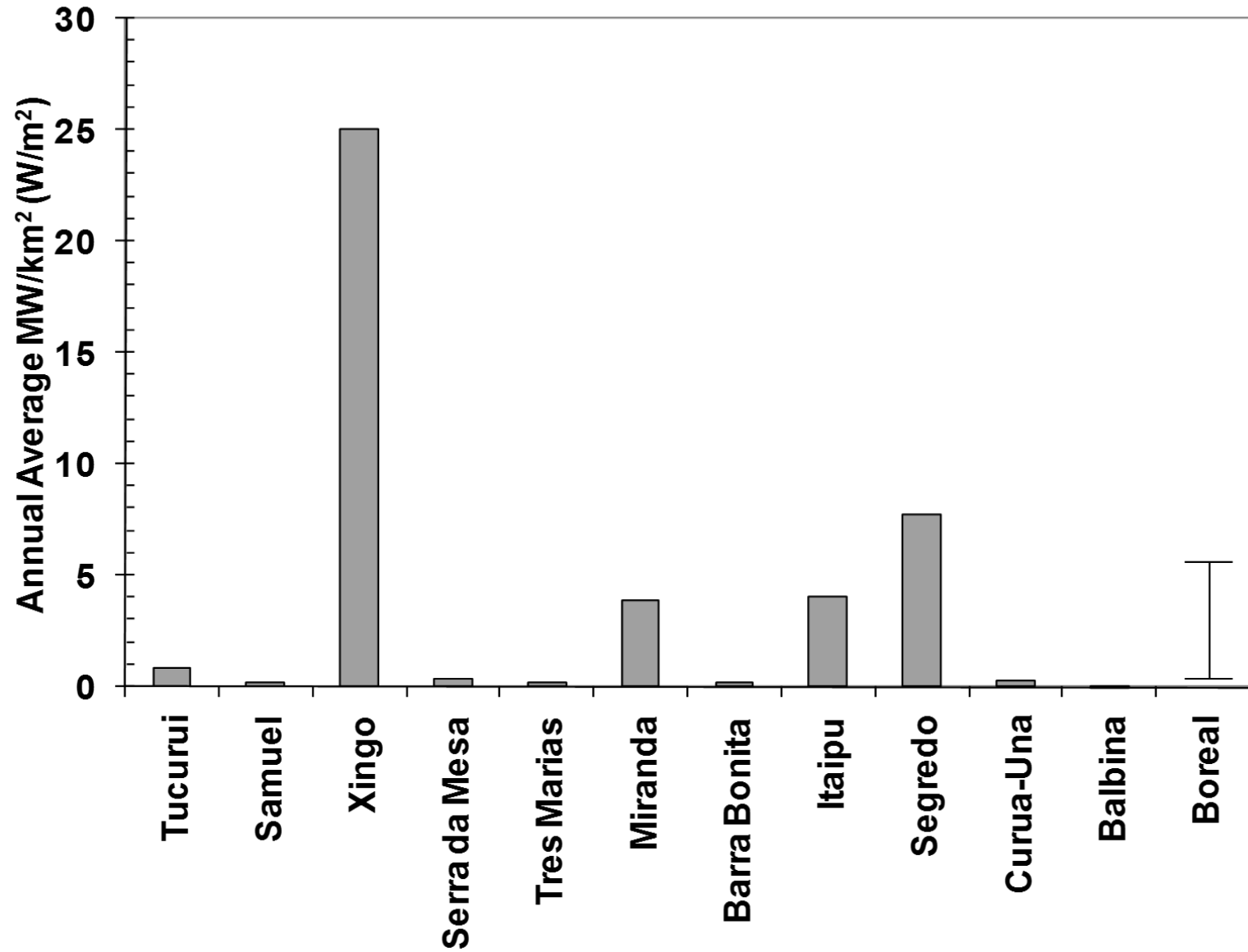
POTENCIAL HIDROELÉCTRICO



O potencial das mini-hídricas para a eletrificação remota



DENSIDADE DE POTÊNCIA



CUSTOS INVESTIMENTO

- Pequena hídrica, \$1000-3000/kW, países em desenvolvimento
- Pequena hídrica, \$2000-9000/kW, países desenvolvidos
- Grande hídrica (incluindo barragem e albufeira), \$2000-8000/kW

CUSTOS INVESTIMENTO

Pequena hídrica (<10MW)

Depende da queda de água e potência, e do factor de utilização

Tabela 3: Investimento unitário (€/kW) em CMH (final de 2002) [ESTIR]

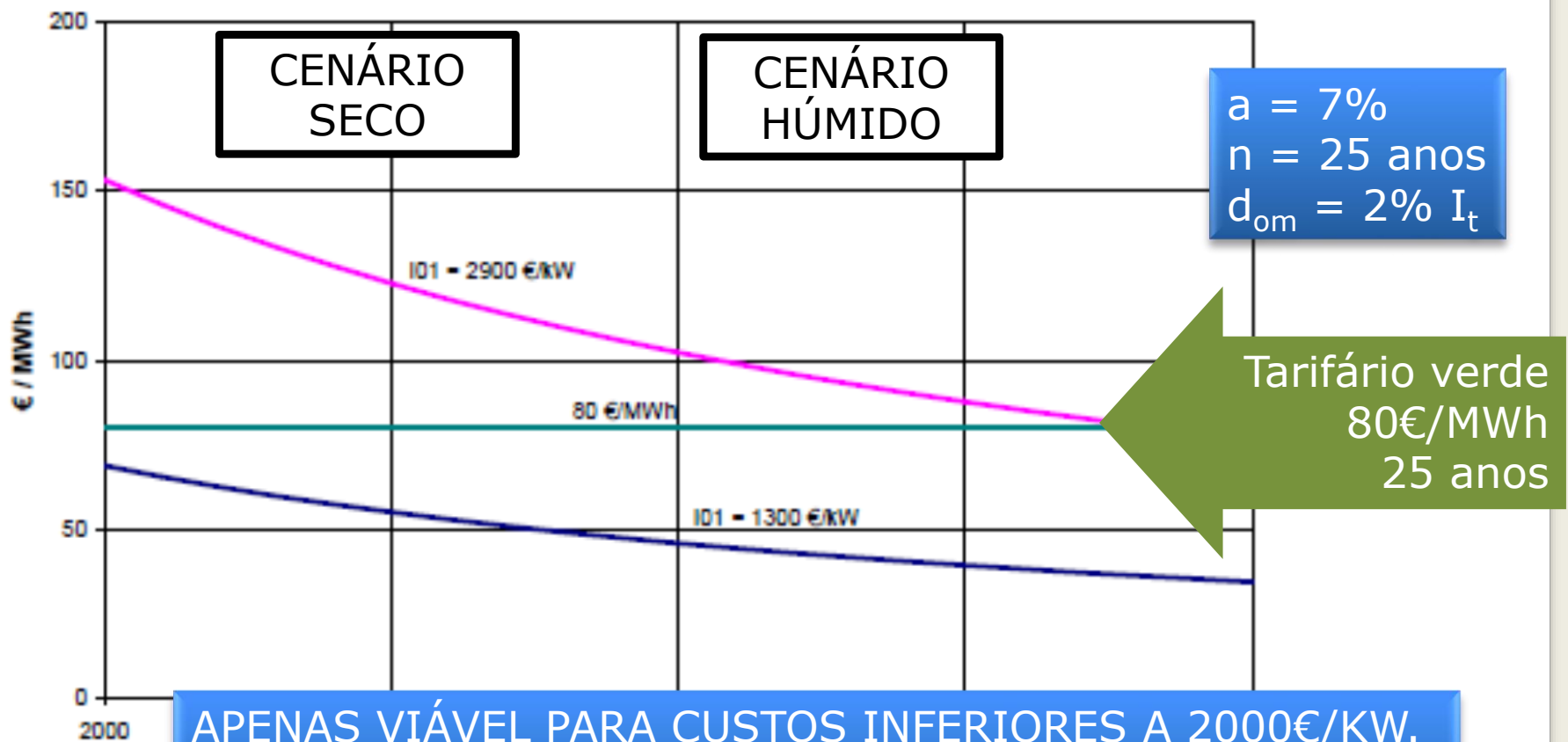
€/kW	Mínimo	Máximo	Médio
1MW-10MW	600	2000	1300
500kW-1MW	1300	4500	2900
100kW-500kW	1500	6000	3750
<100kW	1500	6000	3750

Energy Scientific & Technological Indicators and References (ESTIR), Area: Electricity Generation, Sector: Hydropower (incl. small), Community Research & Development Information Service (CORDIS), 2002.

CUSTOS INVESTIMENTO

Pequena hídrica (<10MW)

Depende da queda de água e potência, e do factor de utilização



IMPACTOS POSITIVOS

Impactos económicos & energéticos

- Custo da energia
- Segurança energética (fonte endógena, ou quase)
- Valorização recurso eólico (PNBEPH: 1MW de bombeagem/ 3.5MW de eólico)
- Aproveitamento água para consumo das populações e/ou irrigação

IMPACTOS NEGATIVOS

Impactos sociais

- Deslocamento população
- Reservatório pode promover desenvolvimento vectores transmissão doenças
- (Acidentes: Banqiao, 170000 mortos em 1975)

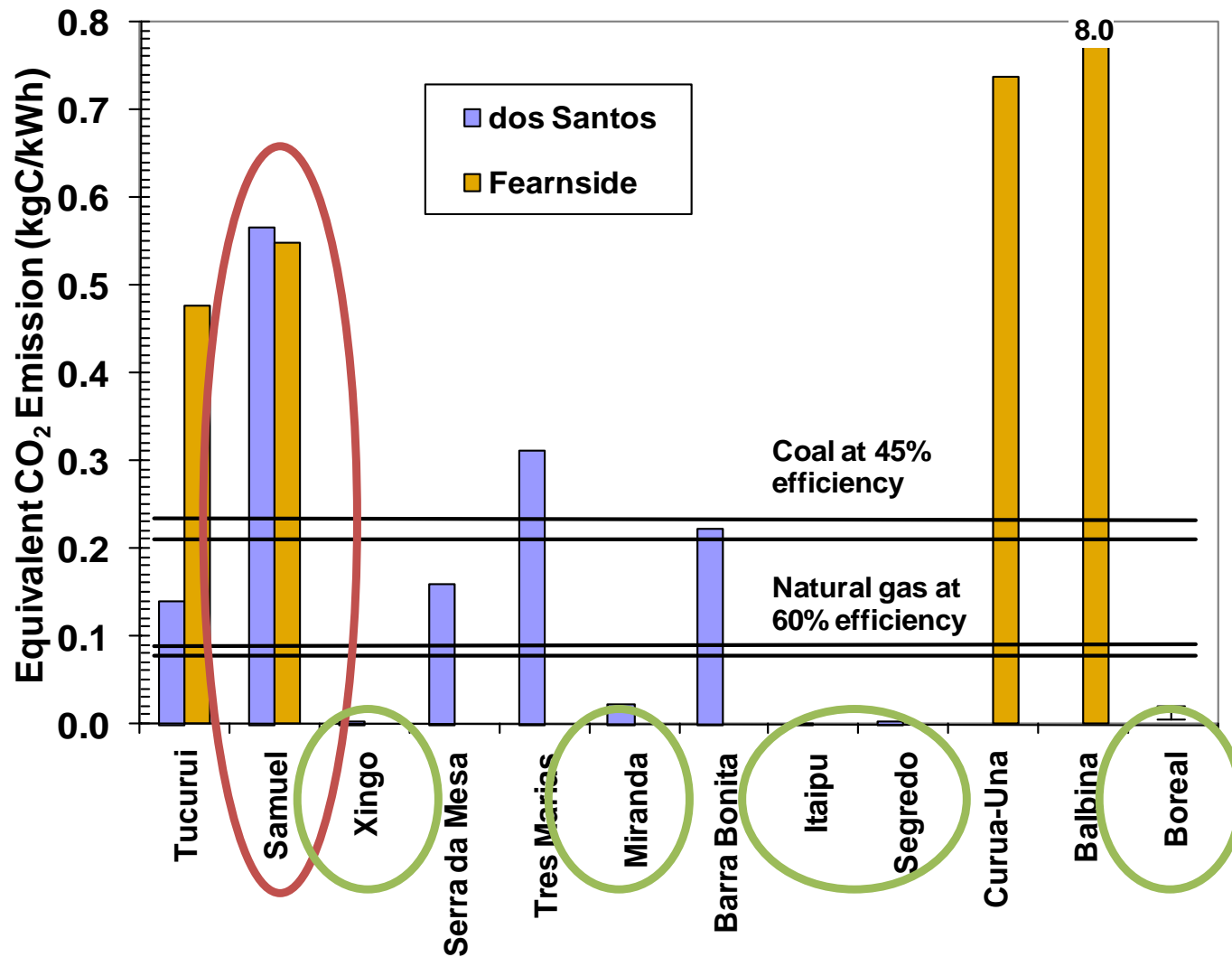
IMPACTOS NEGATIVOS

Impactos ambientais

- Maior área de superfície = maiores perdas evaporação
- Sedimentação antes da barragem (= custos manutenção)
- Menos sedimentação depois da barragem (= erosão costeira)
- Fragmentação ecossistema fluvial (efeito na biodiversidade)
- Alteração paisagem
- Desflorestação
- Emissões metano

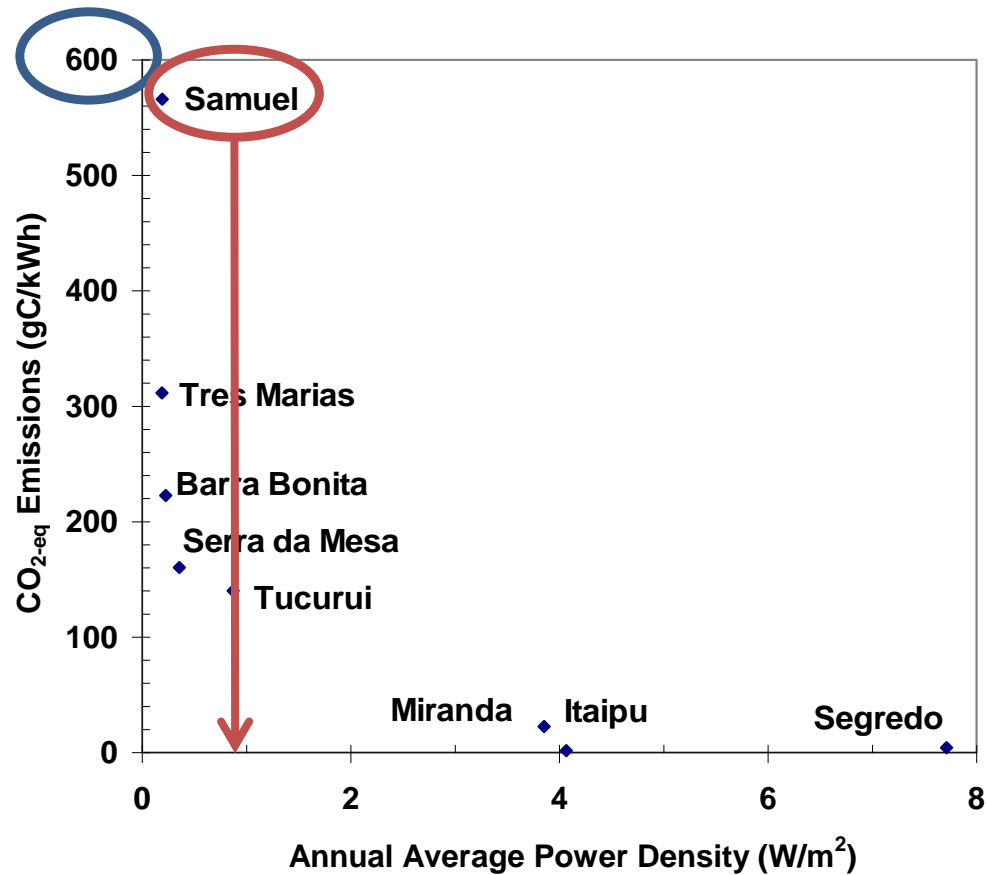
EMISSÕES

Emissões GHG barragens Brasil



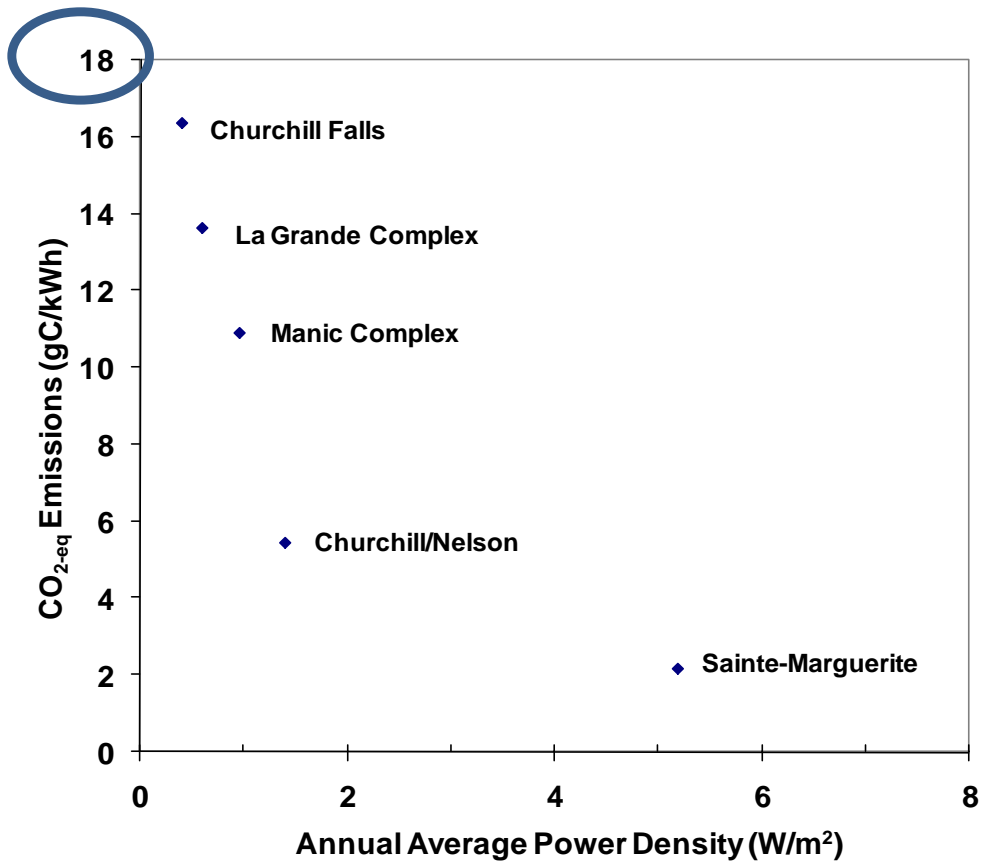
EMISSÕES

Emissões GHG barragens Brasil (excepto *Boreal*)



EMISSÕES

Emissões GHG barragens Quebec



PORTUGAL

Grande hídrica

Quadro 1.2.4 – Capacidade de armazenamento e potência hidroeléctrica instalada por bacia hidrográfica

Bacia hidrográfica	Afluências anuais actuais (hm ³)	Capacidade útil das albufeiras (hm ³)	Capacidade útil das albufeiras em % das afluências	Potência hidroeléctrica (MW)
Lima	3 000	355	12%	650
Cávado	2 300	1 142	50%	630
Douro	18 500	380	2%	2 000
Vouga	2 000	0	0%	0
Mondego	3 350	361	11%	500
Tejo	12 000	2 355	20%	570
Guadiana	4 500	3 244	72%	250
Sado	1 460	444	30%	0
Mira	330	240	73%	0
Ribeiras Algarve	400	341	85%	0
Total	47 800	8 862	19%	4 600

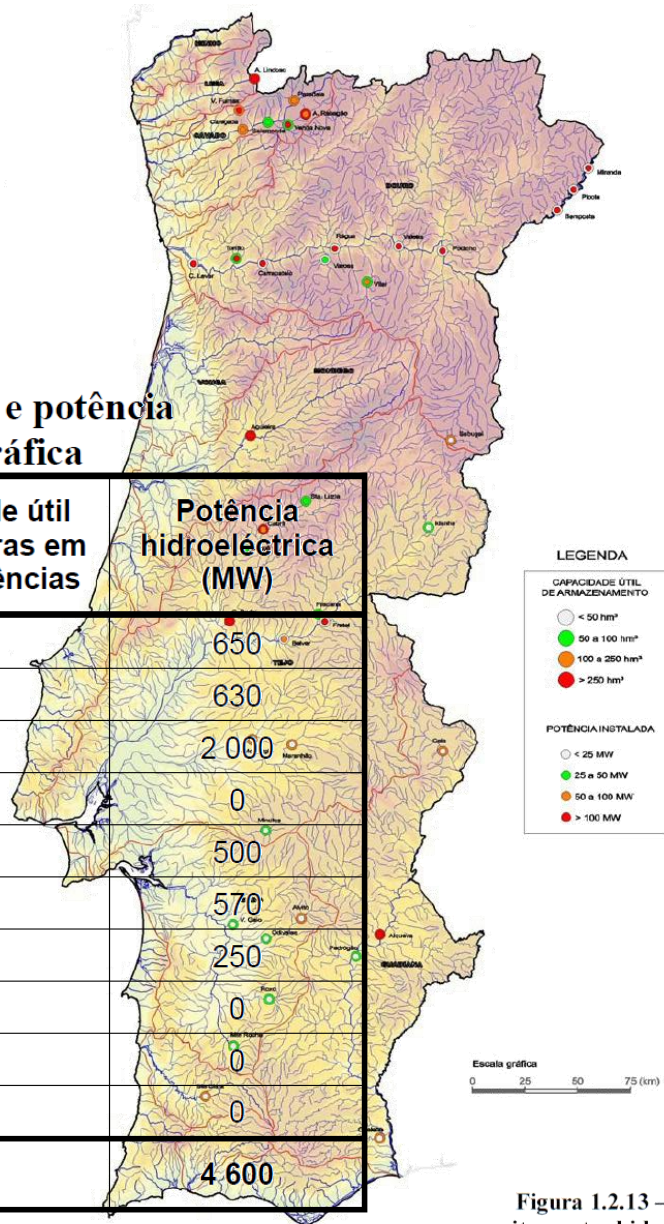


Figura 1.2.13 – Grandes aproveitamentos hidráulicos existentes

PORTUGAL

(Nova) grande hídrica

Principais características dos aproveitamentos seleccionados para o PNBEPH

APROVEITAMENTO	BACIA HIDROGRÁFICA	RIO	TIPO	ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (km ²)	CAPACIDADE DA ALBUFEIRA (hm ³)	POTÊNCIA INSTALADA (MW)	ENERGIA PRODUZIDA (GWh/ano)
Foz Tua	Douro	Tua	Reversível	3 822	310	234	340
Fridão	Douro	Tâmega	-	2 630	195	163	299
Padroselos	Douro	Beça/Tâmega	Reversível	315	147	113	102
Gouvães	Douro	Torno/Tâmega	Reversível	100	13	112	153
Daivões	Douro	Tâmega	Reversível	1 984	66	109	148
Alto Tâmega (Vidago)	Douro	Tâmega	Reversível	1 557	96	90	114
Almourol	Tejo	Tejo	-	67 323	20	78	209
Pinhosão	Vouga	Vouga	Reversível	401	68	77	106
Girabolhos	Mondego	Mondego	Reversível	980	143	72	99
Alvito	Tejo	Ocreza	-	968	209	48	62
TOTAL.....					1 266	1 096	1 632

Figura 7.1 – Localização dos aproveitamentos seleccionados para o PNBEPH

PORTUGAL

Pequena hídrica

115 pequenos aproveitamentos hidroeléctricos (≤ 10 MW), com potência global de cerca de 340 MW.

