



***COMPANHIA
ENERGÉTICA DE
SÃO PAULO***



USINA HIDRELÉTRICA ENG. SERGIO MOTTA

*O projeto de
armazenamento de energia
elétrica da CESP*
***Motivação, Arranjo e
Equipamentos***

VISÃO: SER LÍDER NA SUA ÁREA DE ATUAÇÃO, COM EXCELÊNCIA E SUSTENTABILIDADE.

MISSÃO: ATUAR COM EXCELÊNCIA NO SETOR DE ENERGIA, ADOTANDO PRÁTICAS QUE REFLITAM O COMPROMISSO COM A SUSTENTABILIDADE EMPRESARIAL.

Atuar no setor de energia: realizar estudos, planejamento, projetos, construção, operação, manutenção e comercialização de energia de seus sistemas de produção.

Excelência: qualidade, confiabilidade, competência técnica e de gestão.

Sustentabilidade empresarial: é alcançar a excelência na disponibilização da energia, obtendo os melhores resultados econômicos, sociais e ambientais, sem comprometer o atendimento das necessidades das futuras gerações.



Chamada Projeto 021/2016.

PROJETO ESTRATÉGICO: “ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS PARA A INSERÇÃO DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO”



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO
ARMAZENAMENTO COMPLEMENTAR DE
ENERGIA JUNTO A USINAS
HIDRELÉTRICAS, UTILIZANDO
TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO
ELETROQUÍMICO E EM HIDROGÊNIO.

Proponente:



Executoras:



ATS – Tecnologia de Apoio e Serviços Ltda.

Pesquisadoras:



www.mfap.com.br



www.iee.usp.br



www.fepisa.org.br

UHE Porto Primavera



7



Parque de Renováveis

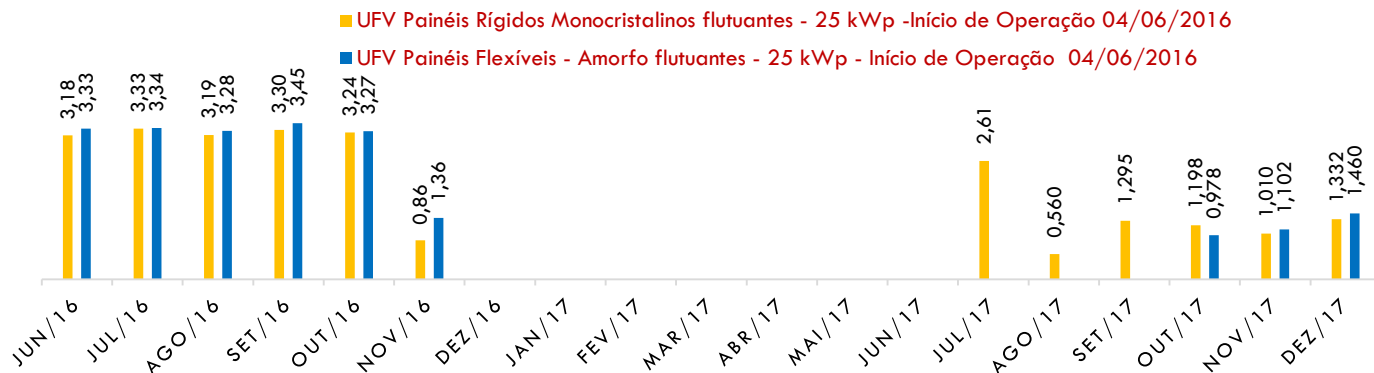


1. 250 kWp Monocrystalline Silicon PV Plant;
2. 250 kWp Flexible Amorphous Silicon PV Plant;
3. 25 kWp Monocrystalline Silicon Floating PV Plant;
4. 25 kWp Flexible Amorphous Silicon Floating PV Plant;
5. 50 kWp Multichrystalline Silicon PV Plant;
6. 50 kWp Multichrystalline Silicon PV Plant with single-axis tracker;
7. 200 kW wind turbines;
8. 500 kWp CSP (Solar Thermo) Plant (building);
9. ABES (510 kWh) + HES (900 kWh) + PV Plant (400 kWp) – 1410 kWh (project)

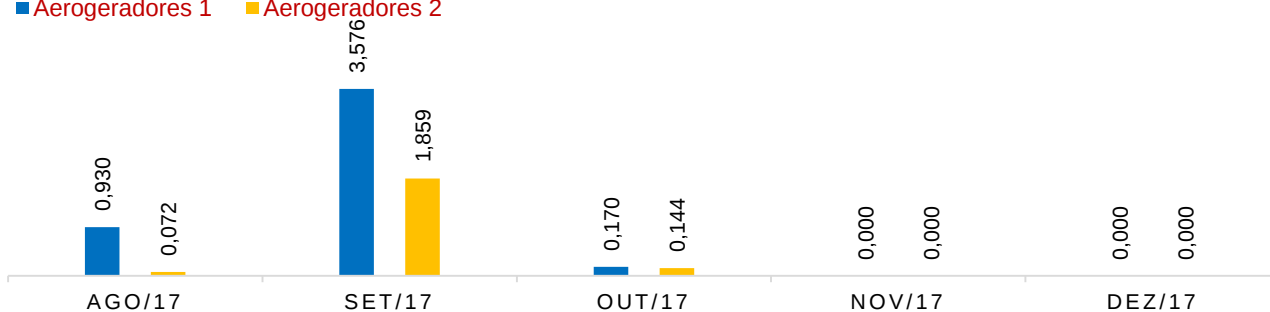
Produção Plantas



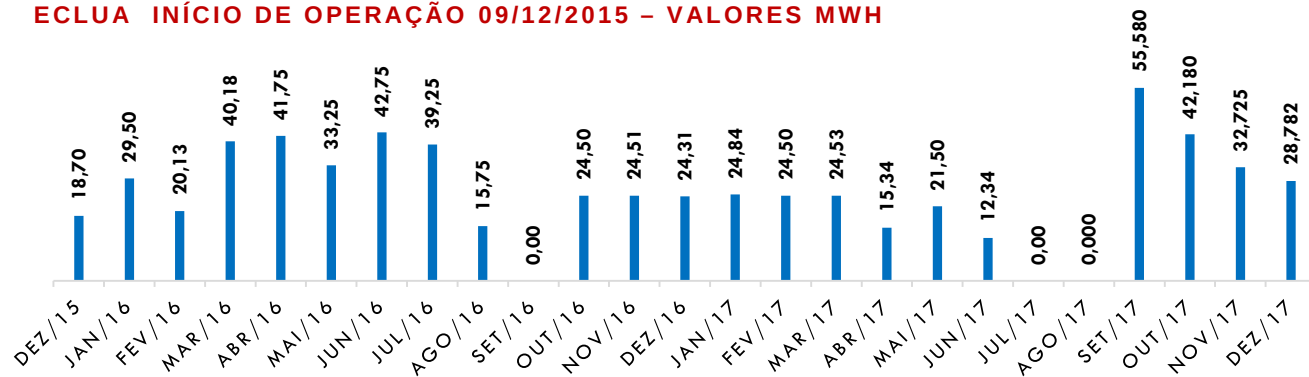
9



■ Aerogeradores 1 ■ Aerogeradores 2



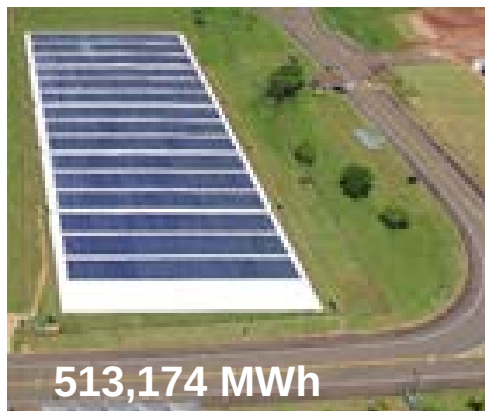
ECLUA INÍCIO DE OPERAÇÃO 09/12/2015 - VALORES MWH



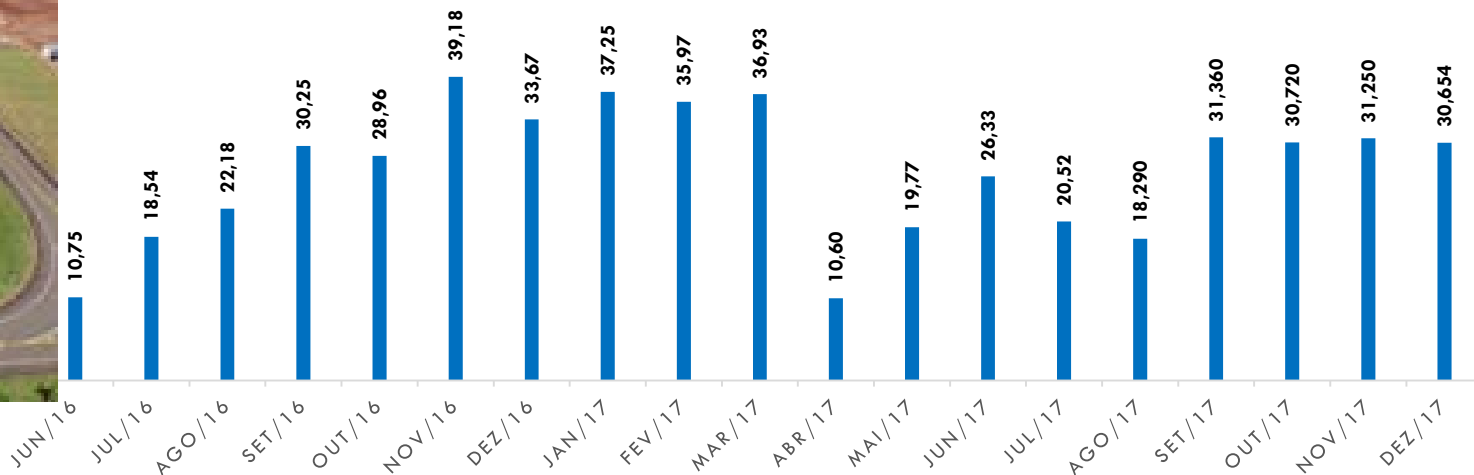
Produção Plantas



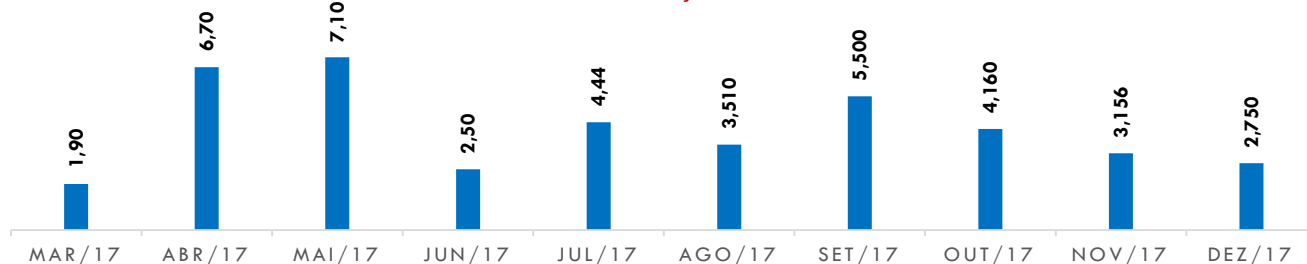
10



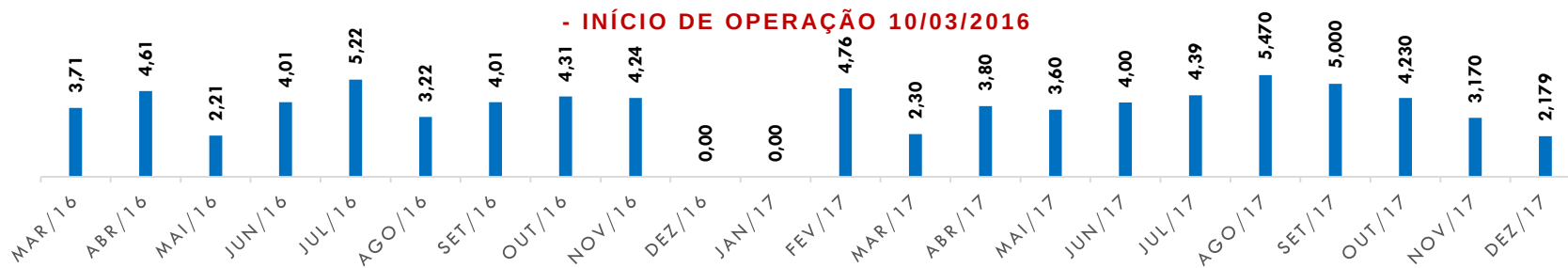
INÍCIO DE OPERAÇÃO 17/06/2016 - VALORES EM MWH



INÍCIO DE OPERAÇÃO 17/03/2017



- INÍCIO DE OPERAÇÃO 10/03/2016



Produção X Consumo Mensal



11



Companhia
Energética de
São Paulo

CESP 1.18.12.17

★ Plantas

Estações

Cadastros

Relatórios

Diagrama

Cesp PPR conectado.
14:08:57 UTC

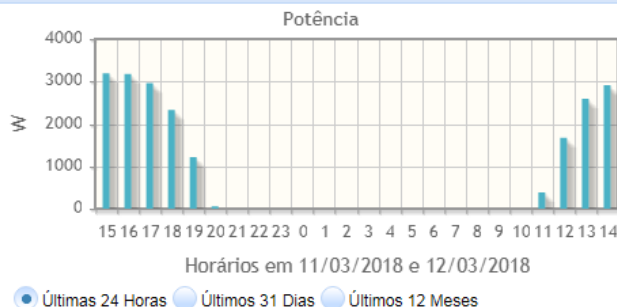
Planta 25 KWp Escada flexível flutuante



Energia Dia: ---

Energia Total: 154921.5 Wh

Potência Atual: 2919.2 W



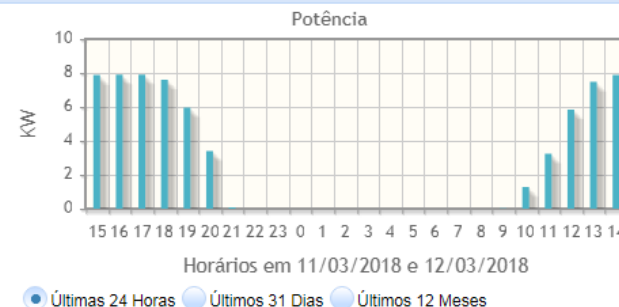
Planta 25 KWp Escada rígida flutuante



Energia Dia: 19.1 KWh

Energia Total: 23551.2 KWh

Potência Atual: 8.0 KW



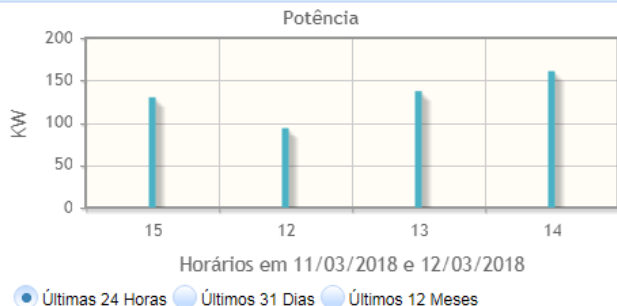
Planta 250 KWp Eclusa



Energia Dia: ---

Energia Total: 184999.2 KWh

Potência Atual: 162.2 KW



Planta 250 KWp Guarita



Energia Dia: ---

Energia Total: 2809414.9 Wh

Potência Atual: 129764.5 W

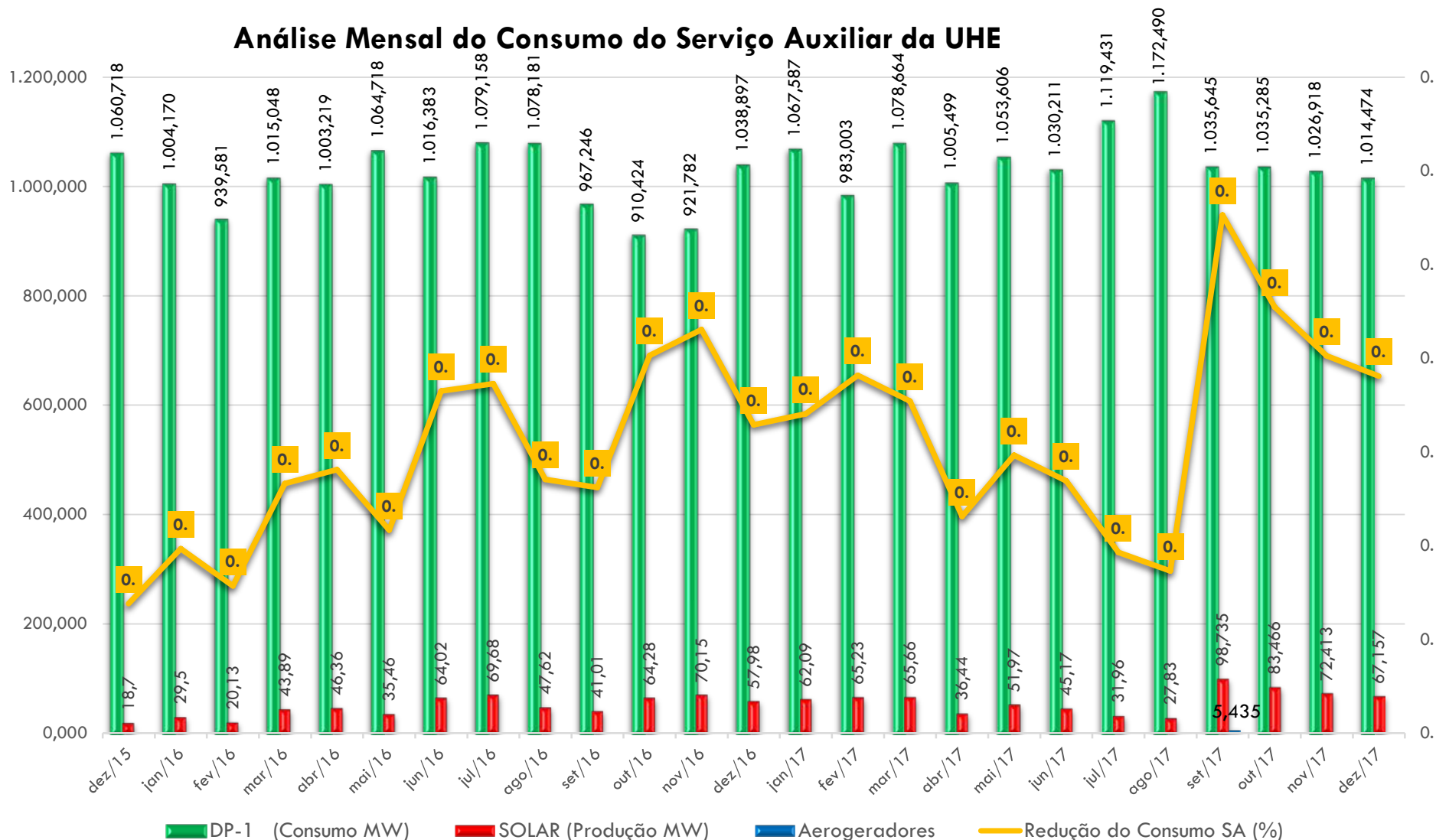


Produção X Consumo Mensal



12

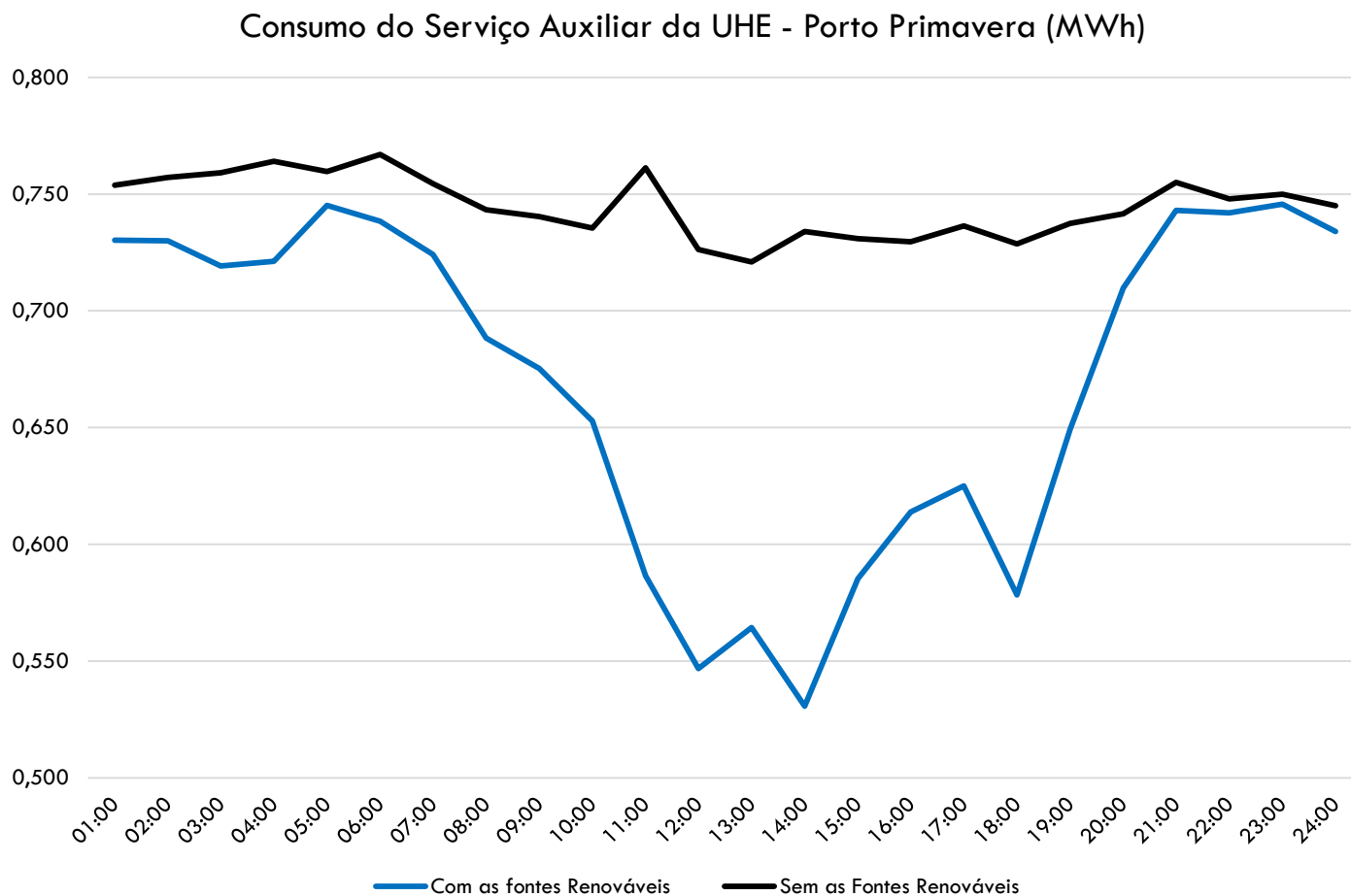
Análise Mensal do Consumo do Serviço Auxiliar da UHE



Produção X Consumo Diário



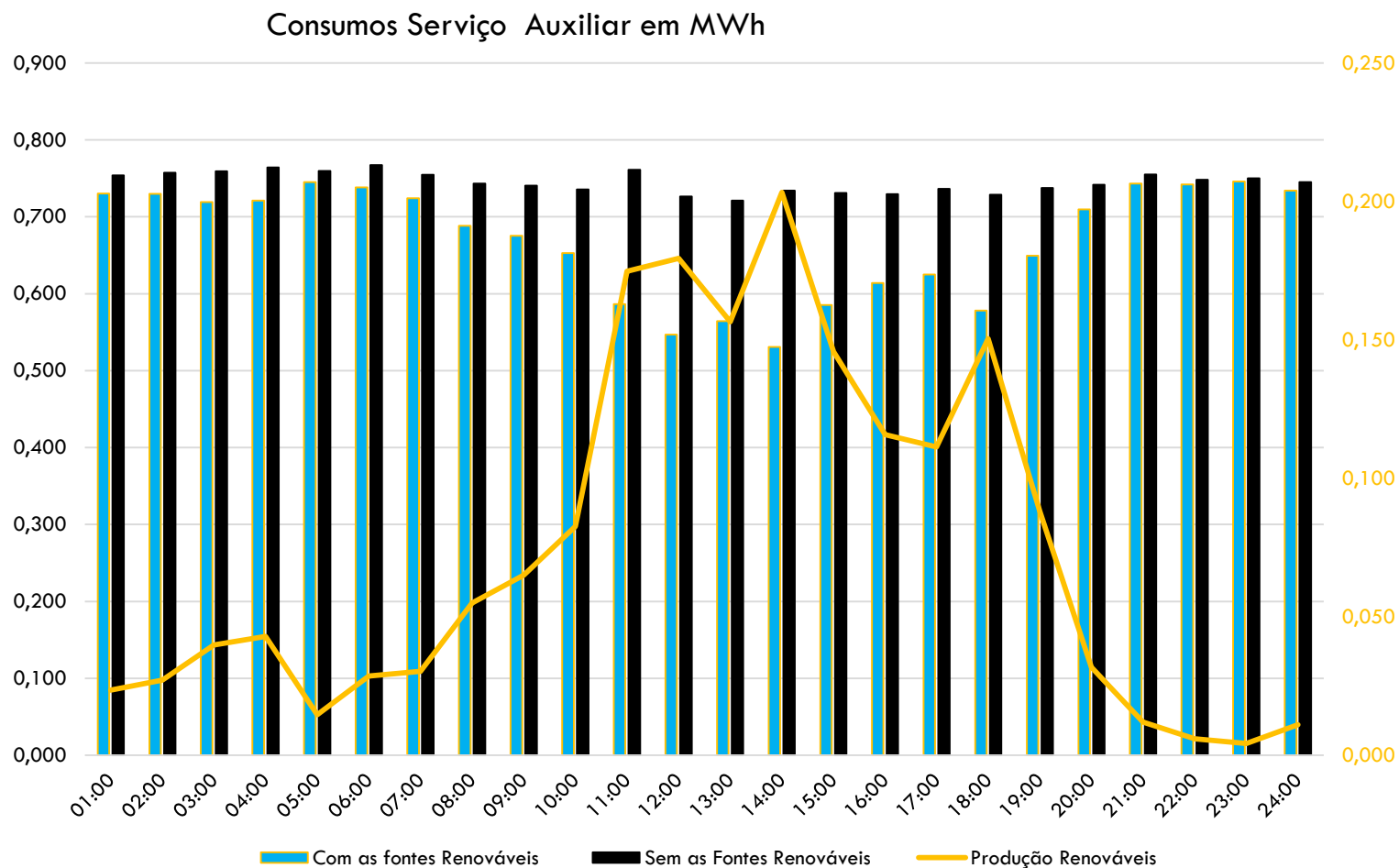
13



Produção X Consumo Diário



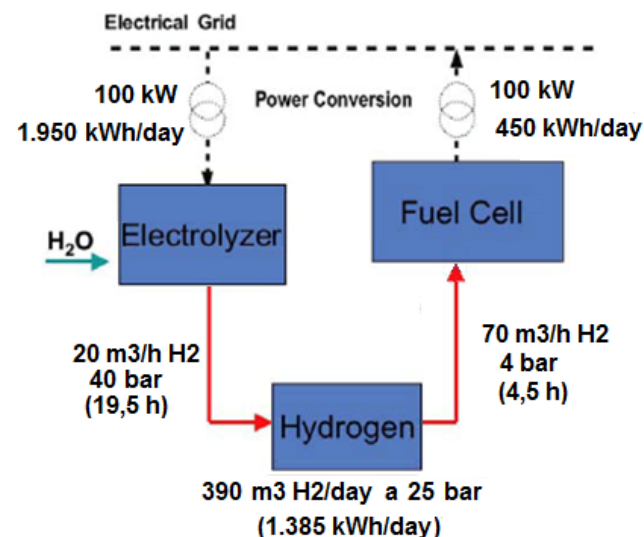
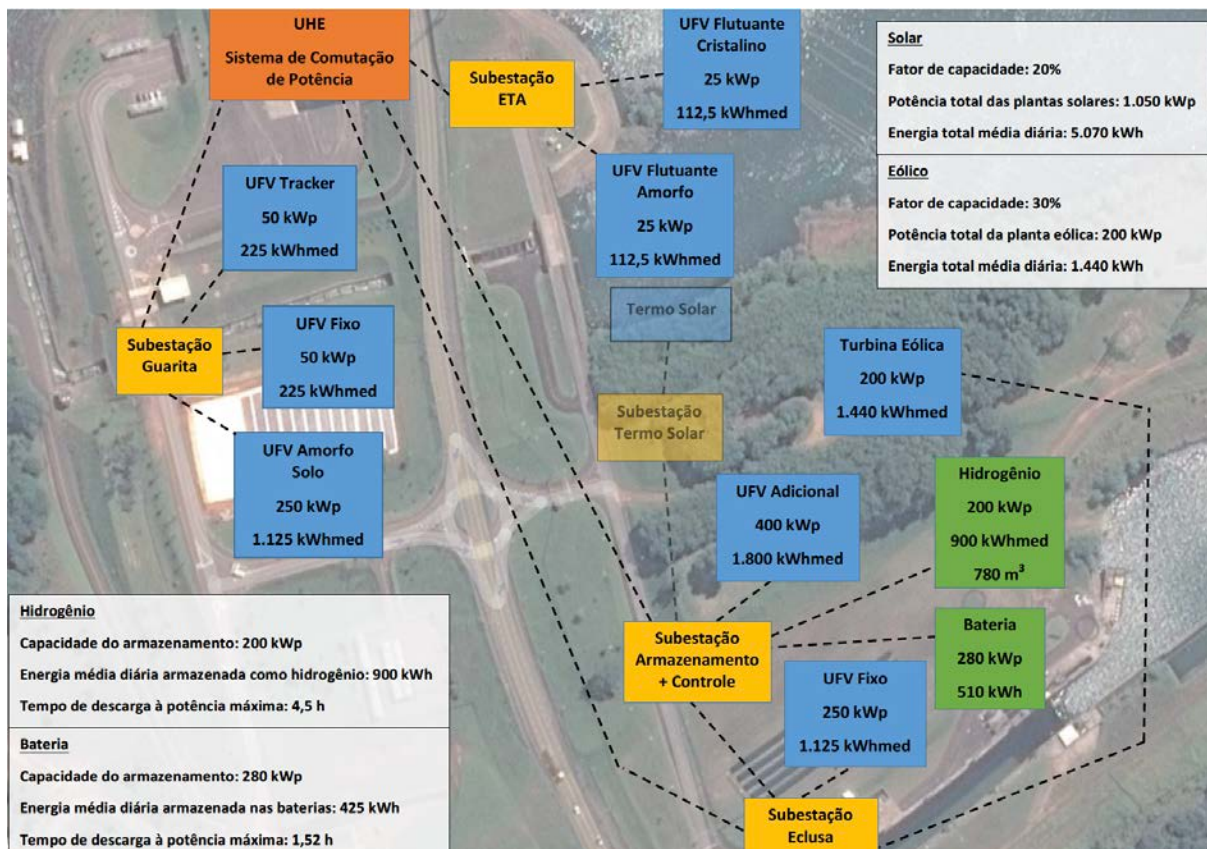
14



*O projeto de
armazenamento de energia
elétrica da CESP
Motivação, **Arranjo** e
Equipamentos*

Projeto: dimensionamento

16

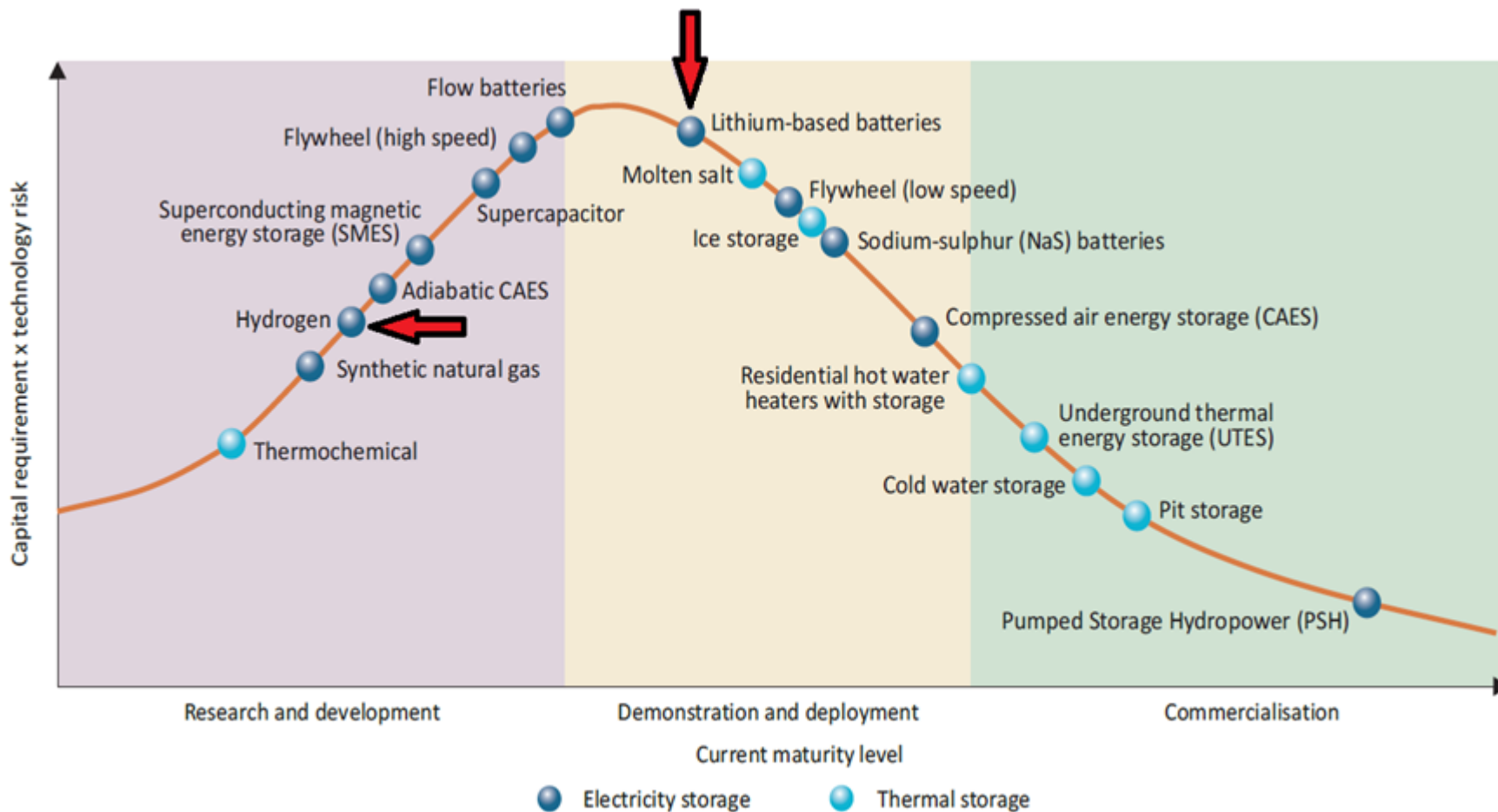


Obs.: Continuidade ao projeto ANEEL PD-0061-0043/2014 – “Integração de plantas eólicas e solares fotovoltaicas a usinas hidrelétricas existentes: uma abordagem via complementação energética”

Projeto: dimensionamento

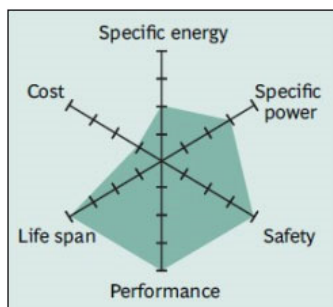
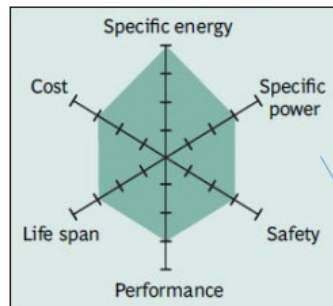
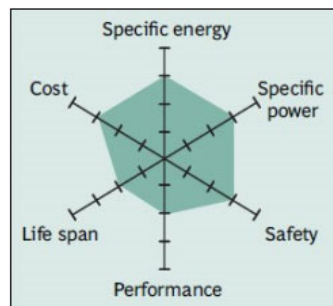
17

Escolha das tecnologias: maturidade tecnológica

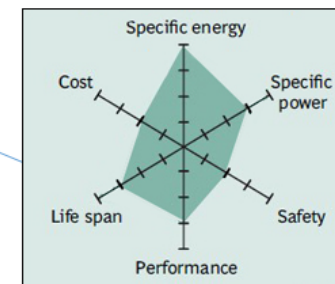
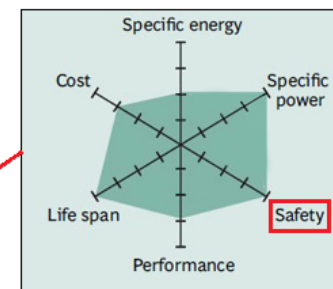
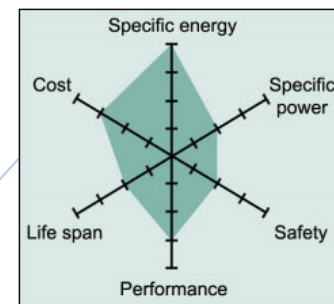


Projeto: dimensionamento

Sistema de armazenamento em baterias Íon-Li:

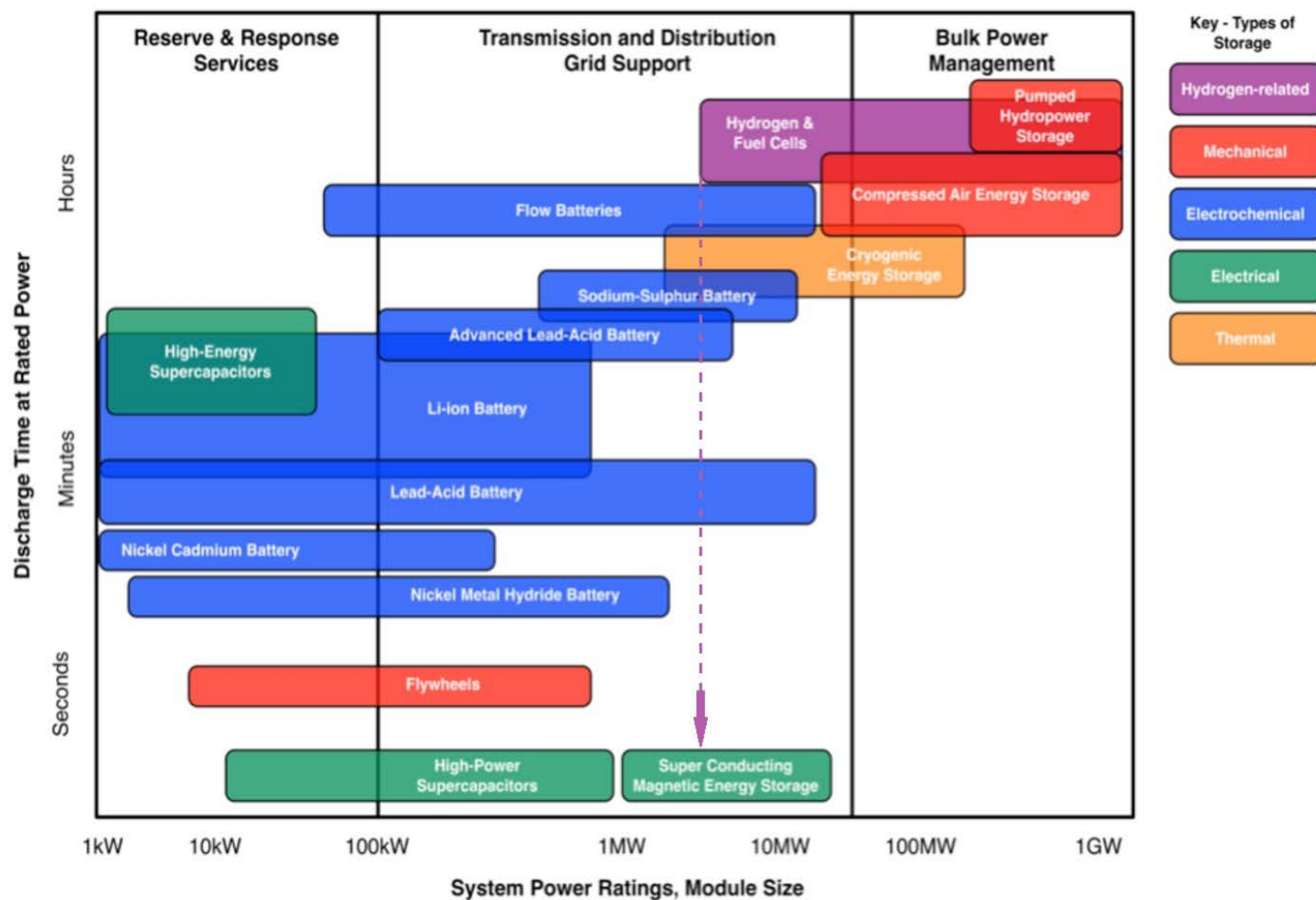


Chemical name	Material	Abbr,	Short form or Nickname	Comments
Lithium Cobalt Oxide	LiCoO ₂ (60% Co)	LCO	Li-cobalt	High capacity; for cell phone laptop, camera
Lithium Manganese Oxide	LiMn ₂ O ₄	LMO	Li-manganese, or spinel	Most safe; lower capacity than Li-cobalt but high specific power and long life. Power tools, e-bikes, EV, medical, hobbyist.
Lithium Iron Phosphate	LiFePO ₄	LFP	Li-phosphate	Same as above
Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide	LiNiMnCoO ₂ (10-20% Co)	NMC	NMC	Same as above
Lithium Nickel Cobalt Aluminum Oxide	LiNiCoAlO ₂ (9% Co)	NCA	NCA	Gaining importance in electric powertrain and grid storage
Lithium Titanate	Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	LTO	Li-titanate	Same as above



Projeto: dimensionamento

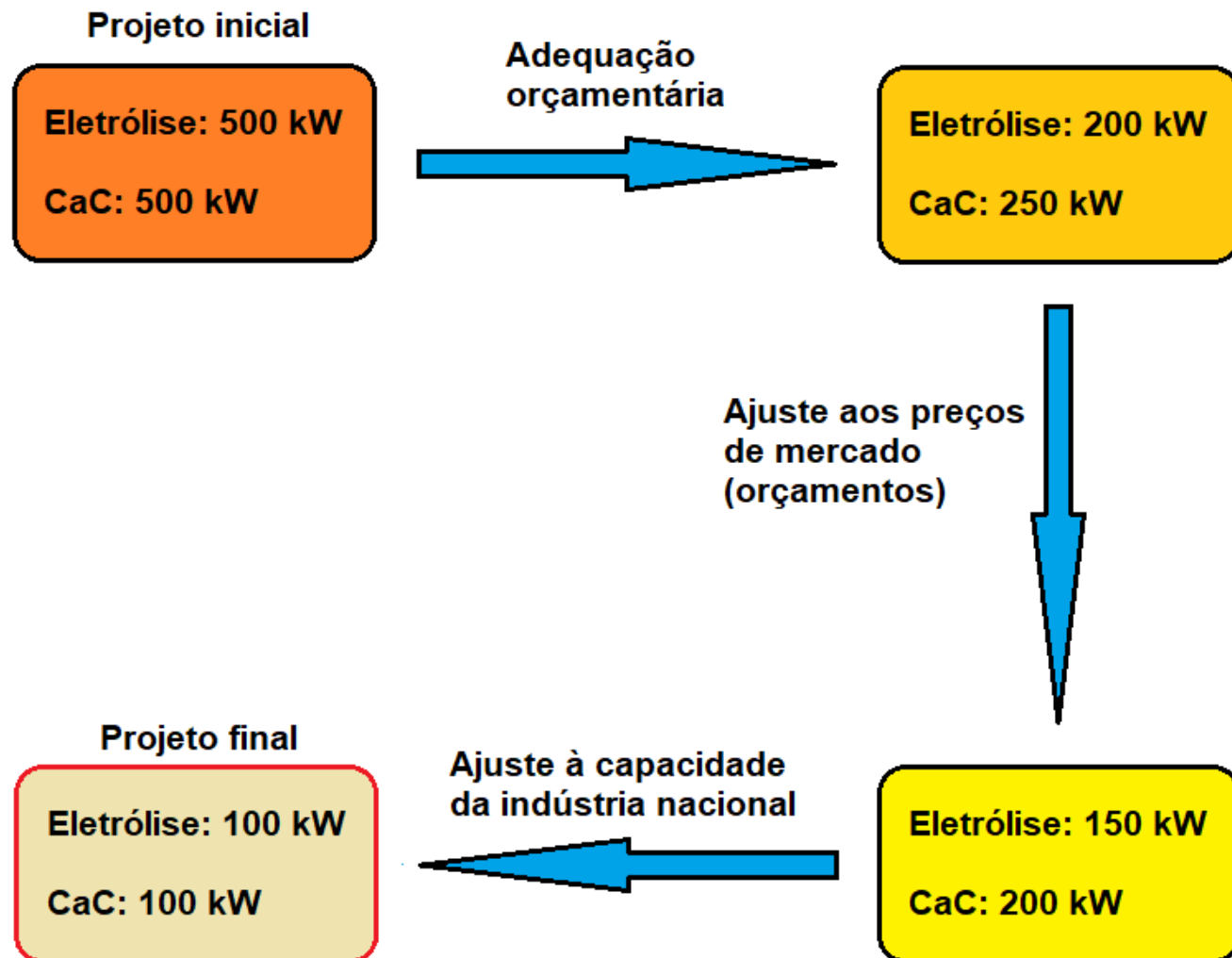
Sistema de armazenamento como hidrogênio:



Projeto: dimensionamento

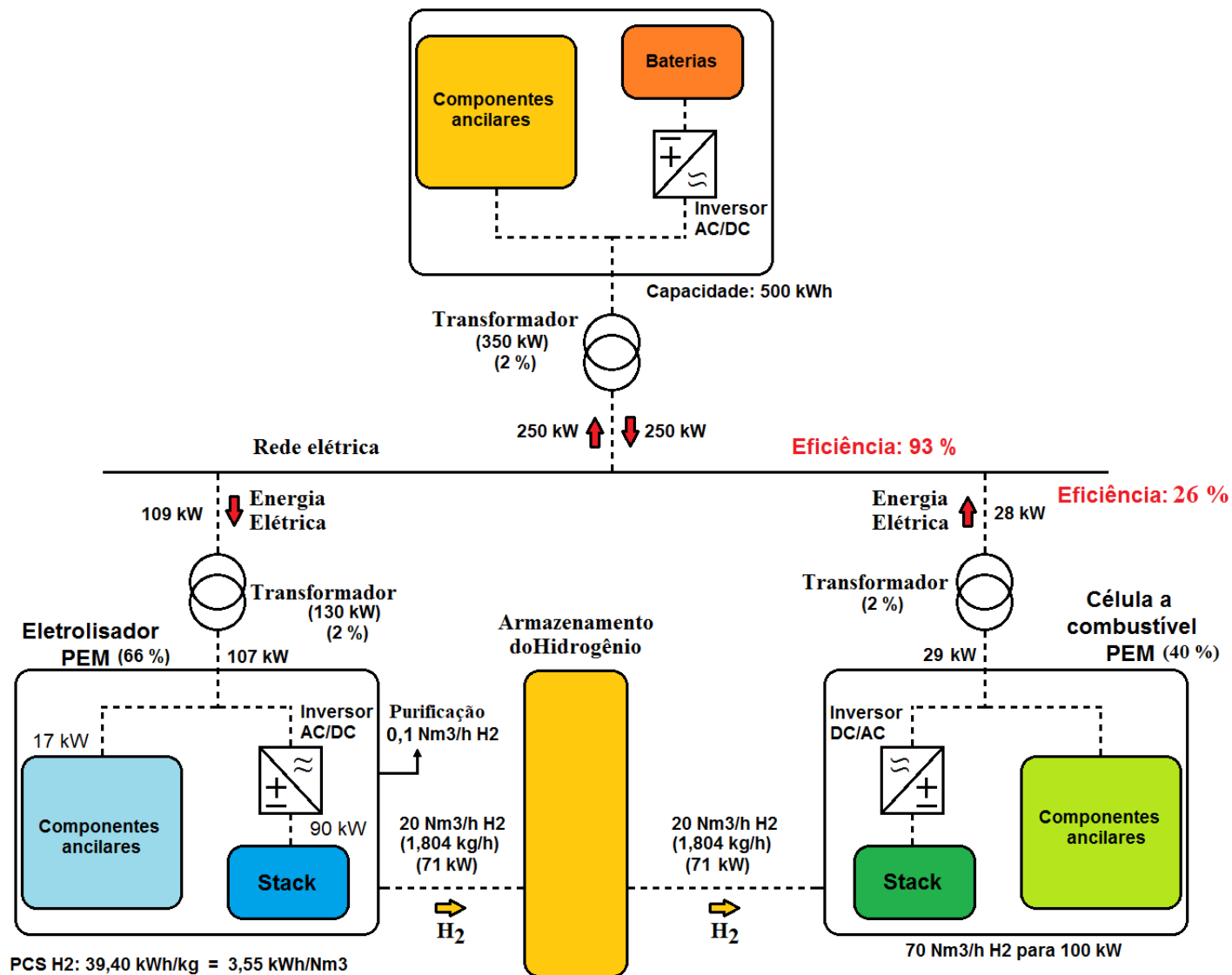
20

Sistema de armazenamento como
hidrogênio:



Projeto: dimensionamento

Sistema completo de armazenamento:



Operação do sistema



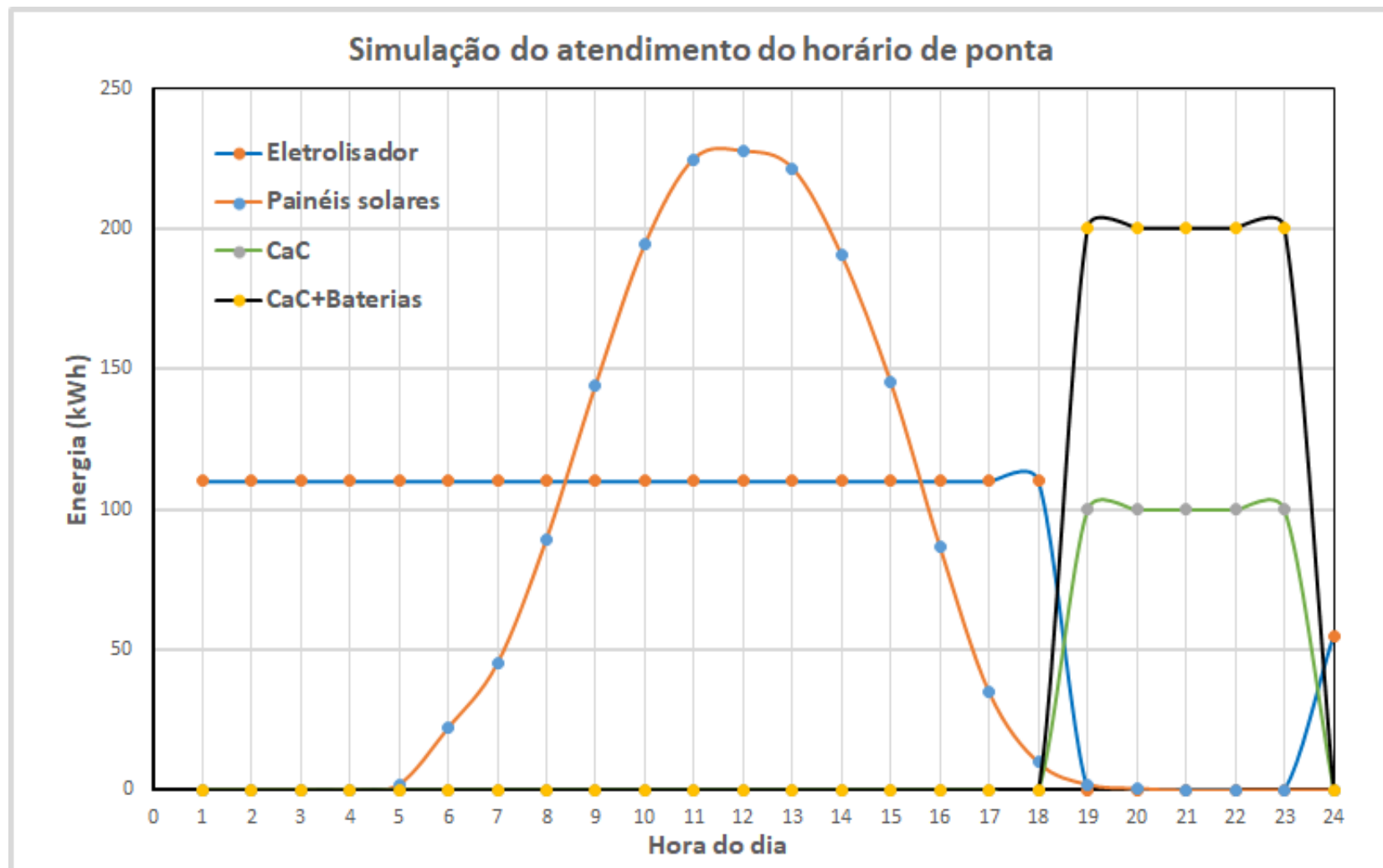
22

Geração no horário de ponta:

Hora do dia	Energia produz. painéis (kWh)	Consumo eletrolisador (kWh)	Produção de H2 (m3)	H2 armaz. tanques (m3)	Energia produz. CaC (kWh)	Energia retirada da rede (kWh)	Energia armaz. nas baterias (kWh)	Energia total injetada na rede (kWh)		
1	0	110	20	20	0	110	0	0		
2	0	110	20	40	0	110	0	0		
3	0	110	20	60	0	110	0	0		
4	0	110	20	80	0	110	0	0		
5	2	110	20	100	0	108	0	0		
6	22	110	20	120	0	88	0	0		
7	45	110	20	140	0	65	0	0		
8	89	110	20	160	0	21	0	0		
9	144	110	20	180	0	0	34	0		
10	194	110	20	200	0	0	84	0		
11	225	110	20	220	0	0	115	0		
12	228	110	20	240	0	0	118	0		
13	221	110	20	260	0	0	111	0		
14	190	110	20	280	0	0	80	0		
15	145	110	20	300	0	0	35	0		
16	87	110	20	320	0	23	0	0		
17	35	110	20	340	0	75	0	0		
18	10	110	20	360	0	100	0	0		
19	2	0	0	290	100	0	0	200	(CaC + Baterias)	
20	1	0	0	220	100	0	0	200	(CaC + Baterias)	
21	0	0	0	150	100	0	0	200	(CaC + Baterias)	
22	0	0	0	80	100	0	0	200	(CaC + Baterias)	
23	0	0	0	10	100	0	0	200		
24	0	55	10	20	0	55	0	0		
	1640	2035	370		500	976	578	1000		

Operação do sistema

Geração no horário de ponta:



*O projeto de
armazenamento de energia
elétrica da CESP
Motivação, Arranjo e
Equipamentos*

Equipamentos para o armazenamento de energia

Eletrolisadores, Tanques & Células a Combustível
Baterias

Tecnologias e Fabricantes
Engenharia e Aquisições de Equipamentos

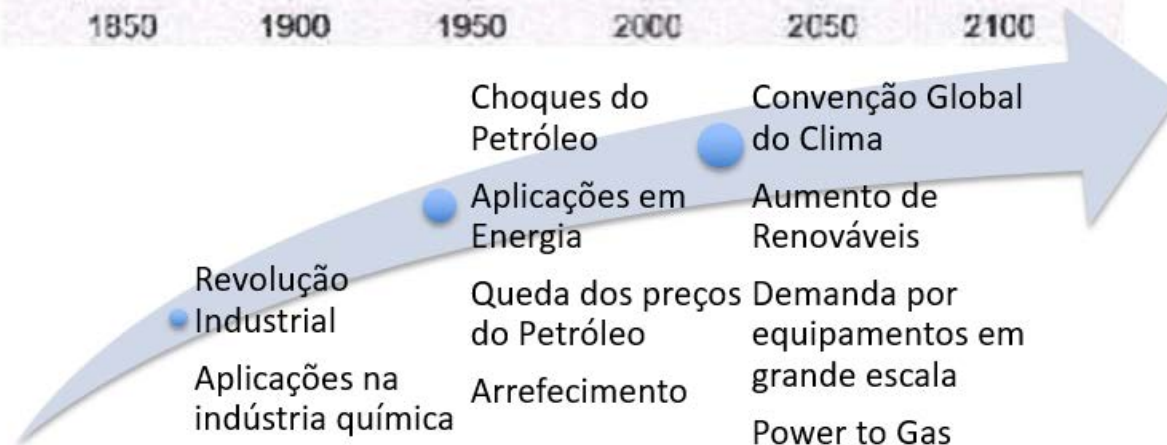
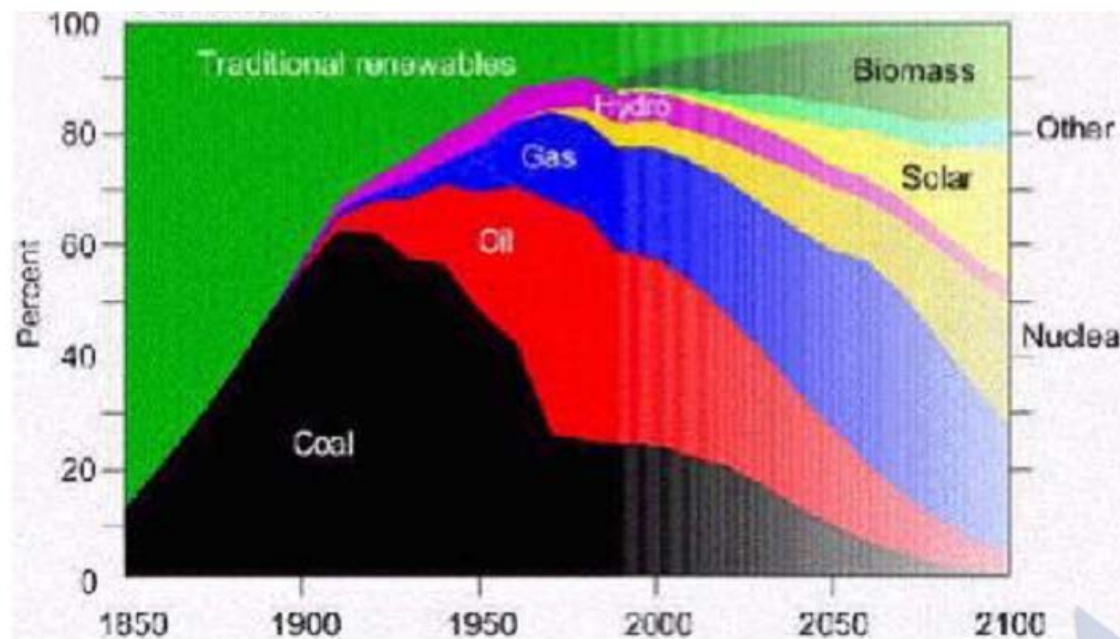
- Desenvolvimento tecnológico contínuo há 218 anos
 - Técnica desenvolvida a partir de observações científicas em 1789, primeiros equipamentos surgiram na primeira revolução industrial (Nicholson e Carlisle, 1800)
 - No início do Século XX haviam cerca de 400 unidades industriais em operação
 - Eletrólito alcalino vs sólido, dois desenvolvimentos que se alternam
 - Eletrólise alcalina pressurizada (Zdansky e Lonza, 1948)
 - Eletrolise com eletrólito de polímero sólido (General Electric, 1966)
 - Eletrólise com eletrólito de óxido sólido (1972)
 - Eletrólise alcalina avançada (1978)

Sistemas de armazenamento a hidrogênio

Desenvolvimento tecnológico ultrapassando obstáculos circunstanciais



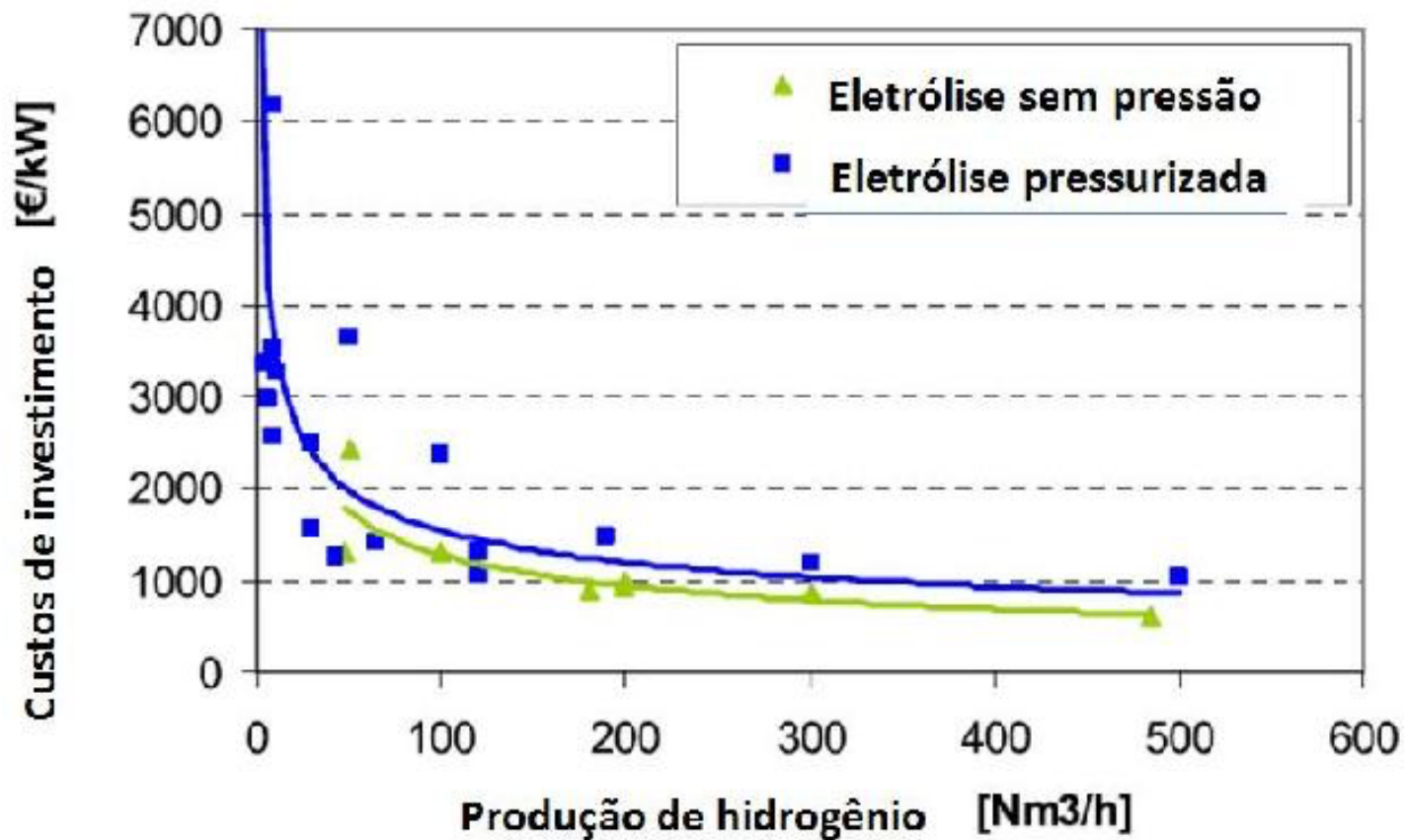
27



Redução de custos por aumento de escala (KRAUTZ, 2017)



29

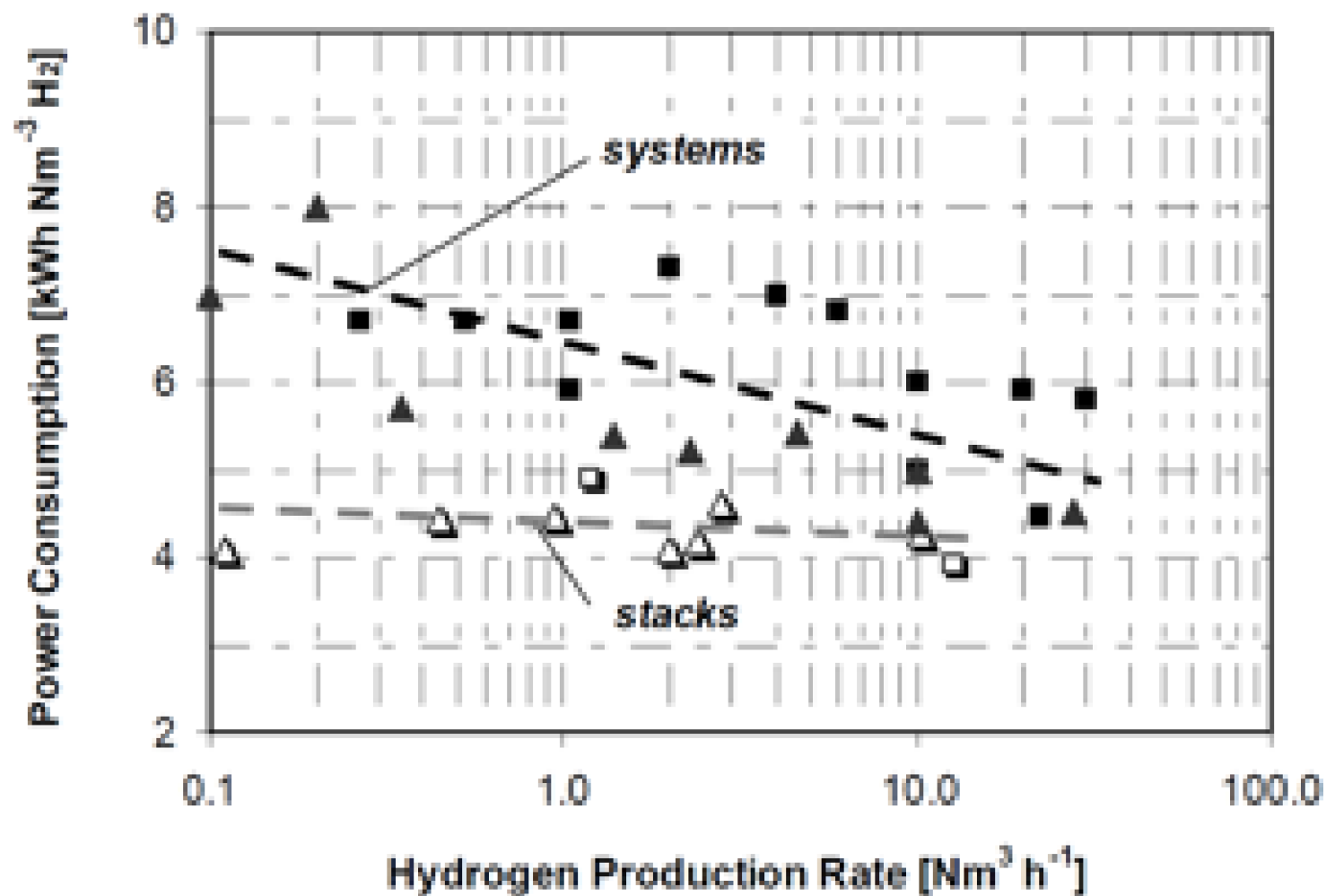


Melhorias na eficiência

Redução no consumo de energia: stacks e periféricos
(SILVA, 2017; SMOLINKA; GÜNTHER; GARCHE, 2011)



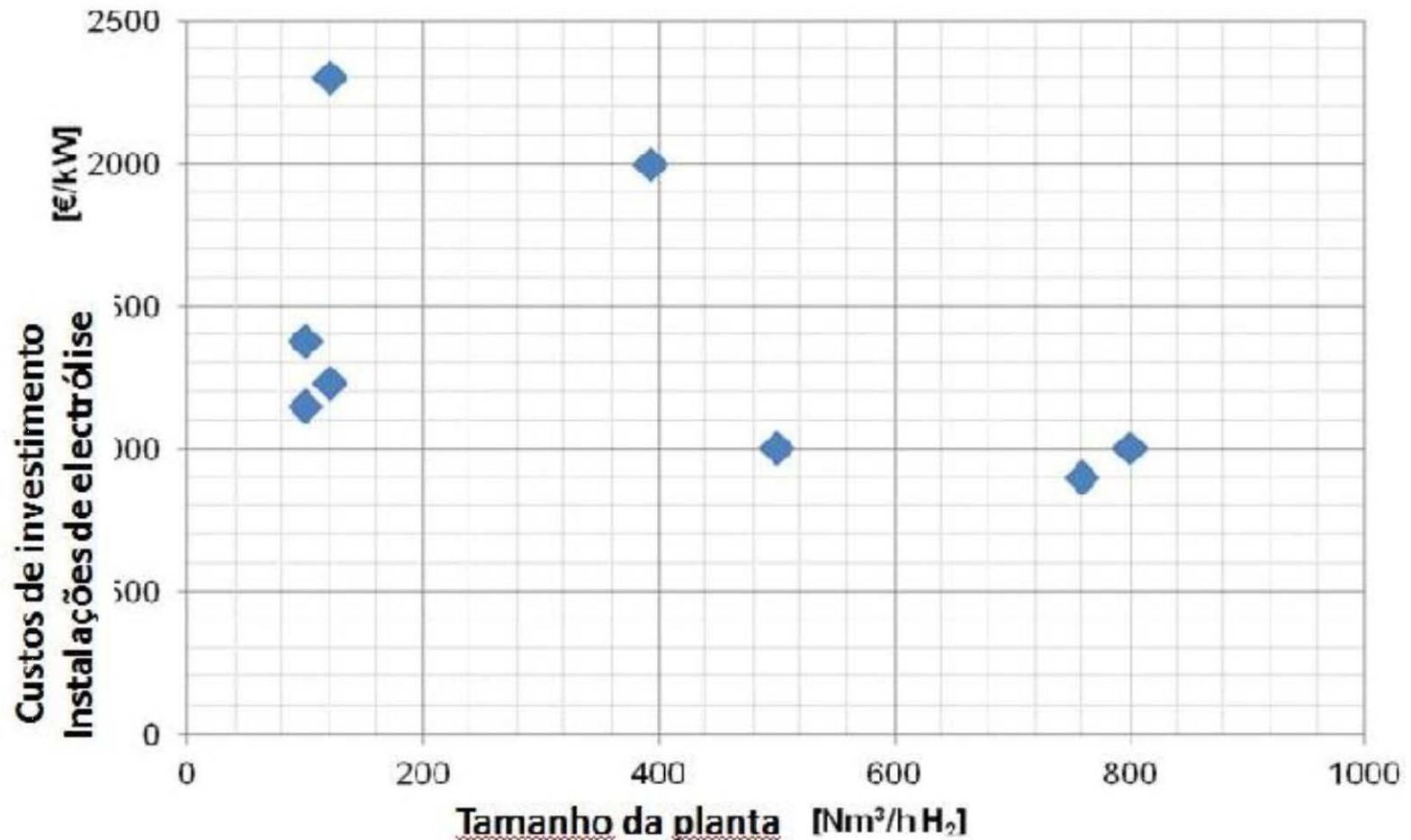
30



Mercado em transição para aplicações em larga escala



31



Extensa pesquisa internacional de fornecedores e preços



32

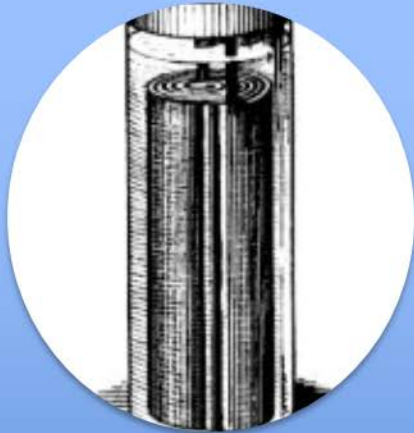
Fornecedores		Características dos equipamentos			Região
Atividade	Número	Pressão (bar)	Vazão (Nm ³ /h)	Consumo de energia (kWh/m ³)	
Ativos na primeira década do Séc XXI	26	4 - 30	0,25 - 1400	4,7 a 13,9	Europa
	10	0 - 8	0 - 60	2,9 – 5,4	América do Norte
	6	3 - 10	1 - 760	5,5 – 6,0	Ásia
	1	40	20	4,7	Brasil
Responderam à consulta de interesse do Projeto de P&D	2	30	30	4,7	Europa
	2	30	30	4,7	América do Norte
	1	30	37	4,7	Asia
	1	40	20	4,7	Brasil
Propostas recebidas	6				

Baterias recarregáveis

Desenvolvimento contínuo e consistente da tecnologia eletroquímica



33



Chumbo
Ácido



Niquel



Íons de Lítio

O desafio do aumento de escala e da vida útil

Séc. XIX

Séc. XX

Séc. XXI

Extensa pesquisa internacional de fornecedores e preços



34

Fornecedores		Capacidade (KWh/KW)	Vida útil (Ciclos)	Região
1		0 - 1000/250	2500 - 6000	Europa
2		0 - 1000/250	2500 - 6000	Asia
2		0 – 1500/250	2500 - 6000	America do Norte
2		0 – 1500/250	2500 - 6000	Brasil
Total	7			

- Eficiência dos sistemas de armazenamento de energia
 - Hidrogênio: 30% (26% no projeto de P&D CESP)
 - Baterias: >90% (94% no projeto de P&D CESP)
- Armazenamento junto à Rede Básica do SIN faz sentido para volumes de Energias Renováveis não despacháveis para a carga convencional
 - Regulação necessária
 - Preço horário no Mercado Atacadista contribuirá p/ viabilidade econômica
- Mercado global de equipamentos ainda se consolidando
 - Menos de cinco *big players* no segmento de armazenamento a hidrogênio
 - Menos de 10 *big players* no segmento de armazenamento a baterias de Lítio

- Preços em processo de ajuste, devido ao aumento da escala
- Expectativa confirmada de que Armazenamento de Energia será um novo, interessante, promissor gerador de valor, *marketplace*

Obrigado!

demostenes.silva@basengenharia.com.br

+55 11 3045 8235



***COMPANHIA
ENERGÉTICA DE
SÃO PAULO***



**Excelência: qualidade, confiabilidade,
competência técnica e de gestão**