

JORNADA SOBRE DESSALINIZAÇÃO DAS ÁGUAS
-Gestão sustentável, eficiência energética e uso de energia renovável-

16 de julho de 2015

A eficiência energética nas plantas dessalinizadoras. Resultados do projeto ISLHáGUA.

Juan Antonio de la Fuente (ITC)

Chefe de Fila:



Parceiros:



A eficiência energética nas plantas dessalinizadoras. Resultados do projeto ISLHáGUA.

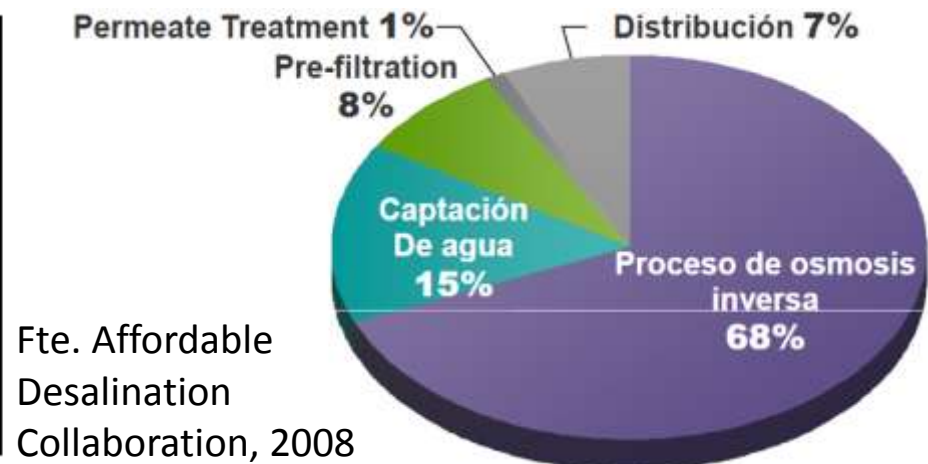
ÍNDICE:

- 💧 CONSUMOS ELÉTRICOS E CUSTOS NA DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSES INVERSA.
- 💧 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA DESSALINIZAÇÃO.
- 💧 DIRETRIZES PARA CONSEGUIR A MÁXIMA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO.
- 💧 AUDITORIA ENERGÉTICA NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

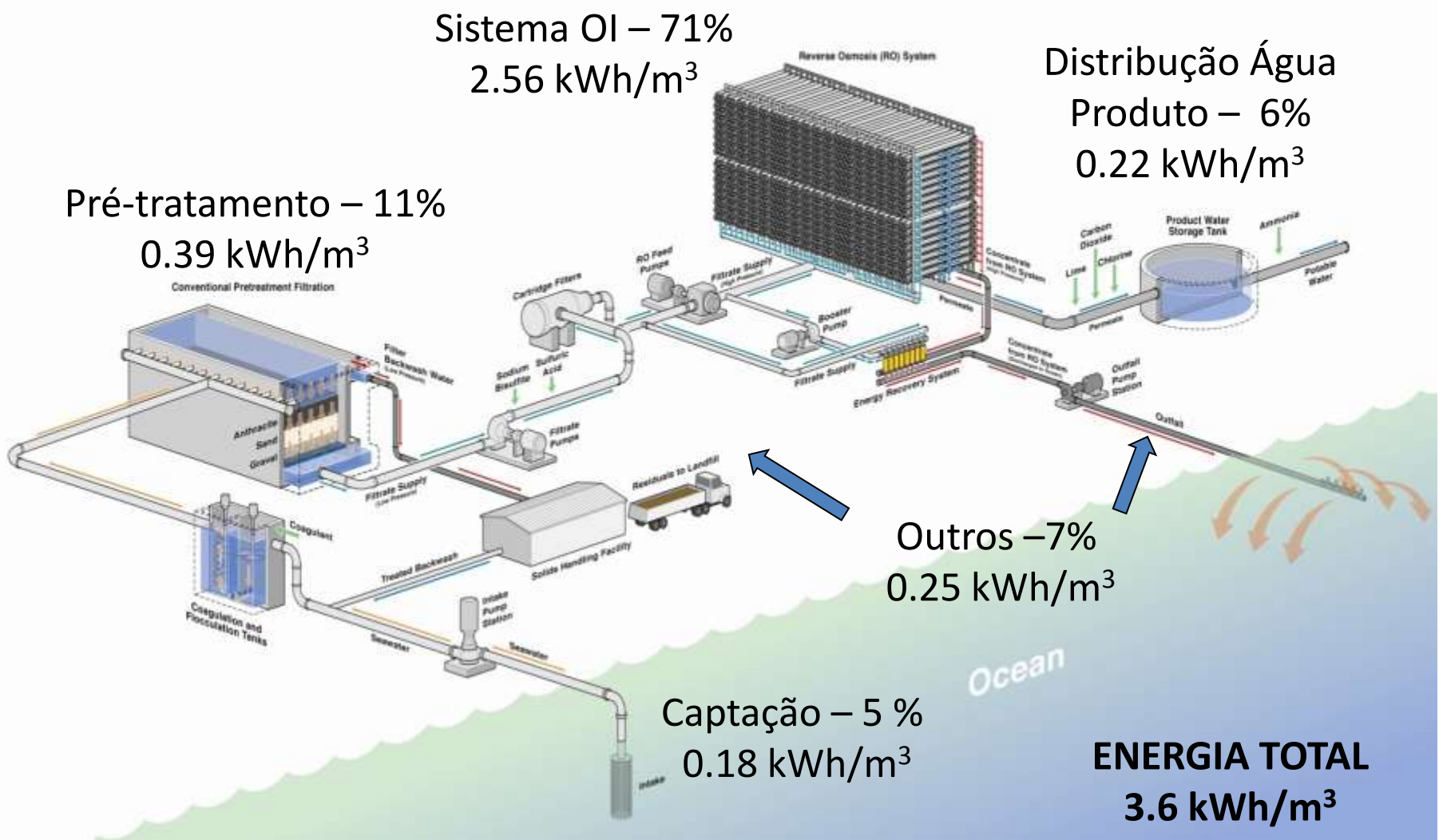
CONSUMOS ELÉTRICOS E CUSTOS NA DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSES INVERSA.

- A dessalinização através do osmose inversa (OI) é um processo energeticamente muito intensivo, que exige uma pressão elevada para separar os sais contidos na água do mar.
- O custo energético é maior do que os custos operacionais numa planta de OI (aprox. 40%). Cerca de 70% da energia total necessária neste processo de dessalinização é consumida no denominado trem OI (quadro OI + BAP + ERD) que pode ser considerado o coração do processo.

Distribuição do consumo específico de energia na dessalinização da água do mar por osmose inversa	
Conceito	Consumo específico (kWh/m ³)
Captação e pré-tratamento	0,6
Dessalinização propriamente dita	2,6
Perdas e vários	0,1
Total no pé da dessalinizadora	3,3
Bombagem ao exterior	0,3
Total na cota +65,00 m	3,6



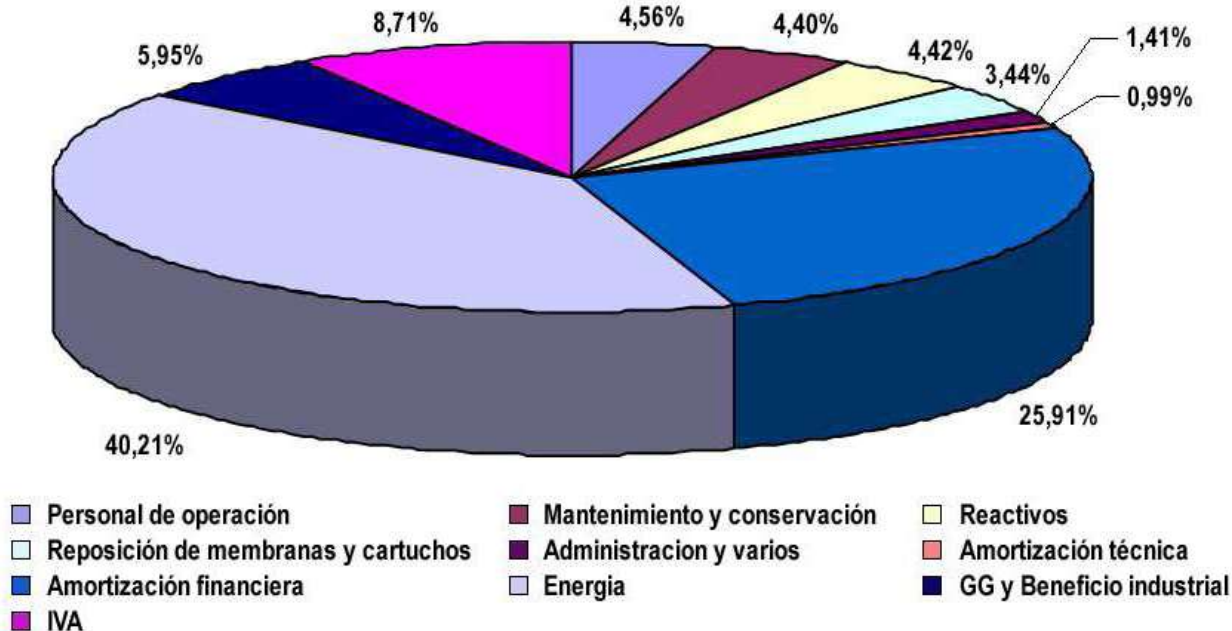
SWRO Plant – Key Energy Uses



(Fte: Nikolay Voutchkov, PE, BCEE. 25th Annual WaterReuse Symposium)

CONSUMOS ELÉTRICOS E CUSTOS NA DESSALINIZAÇÃO POR OSMOSES INVERSA.

Distribuição porcentual do custo da água dessalinizada IDAM.



Desagregação do consumo específico de energia

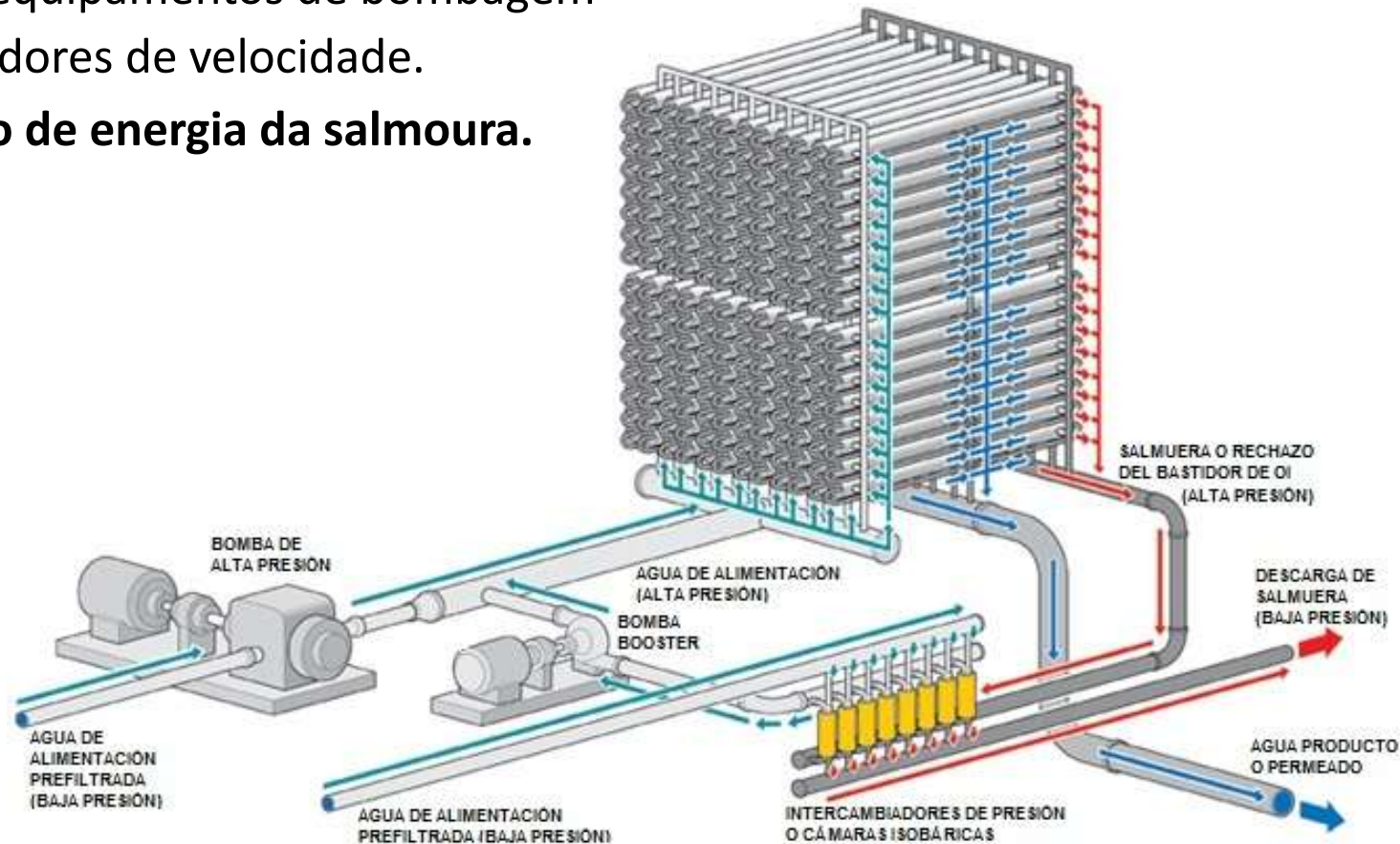
Conceito	Consumo específico (kWh/m ³)	Porcentagem (%)
Captação e pré-tratamento	0,63	15,4
Dessalinização (O.I.)	3,10	76,0
Perdas e vários	0,12	3,0
Total no pé da dessalinizadora	3,85	94,4
Bombagem ao exterior	0,23	5,6
Total no deposito de entrega	4,08	100,0

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA DESSALINIZAÇÃO.

- A eficiência energética em dessalinização por OI é valorizado pela energia consumida no processo para obter 1m^3 de água produto. A este parâmetro se lhe denomina **consumo específico (CE)** e é medido em **kWh/m³**. Para conhecer o CE basta dividir a vazão (m^3/h) da água produto e a potência consumida (kWh) pela bomba de alta pressão (BAP).
- Atualmente, o CE ronda os 4 kWh/m^3 , apesar de que com a última geração de recuperadores conseguiu-se rebaixar à cifras próximas de 2 kWh/m^3 (cifras típicas para dessalinização da água do mar).
- Minimizar o consumo energético dos sistemas de dessalinização OI e conseguir uma melhor eficiência energética, maximizando o aproveitamento da energia, é um dos fatores-chave para rentabilizar o processo de dessalinização por OI.

DIRETRIZES PARA CONSEGUIR A MÁXIMA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO.

- Escolher a tecnologia mais idônea ao lugar
- Correta conceção hidráulica.
- Escolher os equipamentos de bombagem
- Uso de variadores de velocidade.
- Recuperação de energia da salmoura.**



DIRETRIZES PARA CONSEGUIR A MÁXIMA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO.

💧 Recuperação de energia da salmoura.

- ✓ O consumo de energia do processo de OI foi reduzido em 60% nos últimos 20 anos. Esta redução deve-se tanto ao desenvolvimento tecnológico demonstrados nos sistemas de recuperação de energia como ao desenvolvimento das membranas OI.
- ✓ Foram desenvolvidos inúmeros sistemas com a finalidade de recuperar a energia em forma de pressão da vazão de rejeição.
- ✓ Os sistemas de recuperação de energia podem agrupar-se em dois grupos principais: dispositivos centrífugos e dinâmicos.

AÑO	Tecnología	Kw-h/m ³
1970	MSF	22 (55 incluido energía y vapor)
1980	MSF	18 (45,4 incluido energía y vapor)
1985	VC	15
1988	VC	13
1990	RO	8,5
1994	RO	6,2
1996	RO	5,3
1998	RO	4,8
1999	RO	4,5
2000	RO	4,0
2001	RO	3,7
2002	RO	3,5
2005	RO	3
Actual	RO	< 3

CAMBIOS PRODUCIDOS

Turbina Francis

Turbina Pelton

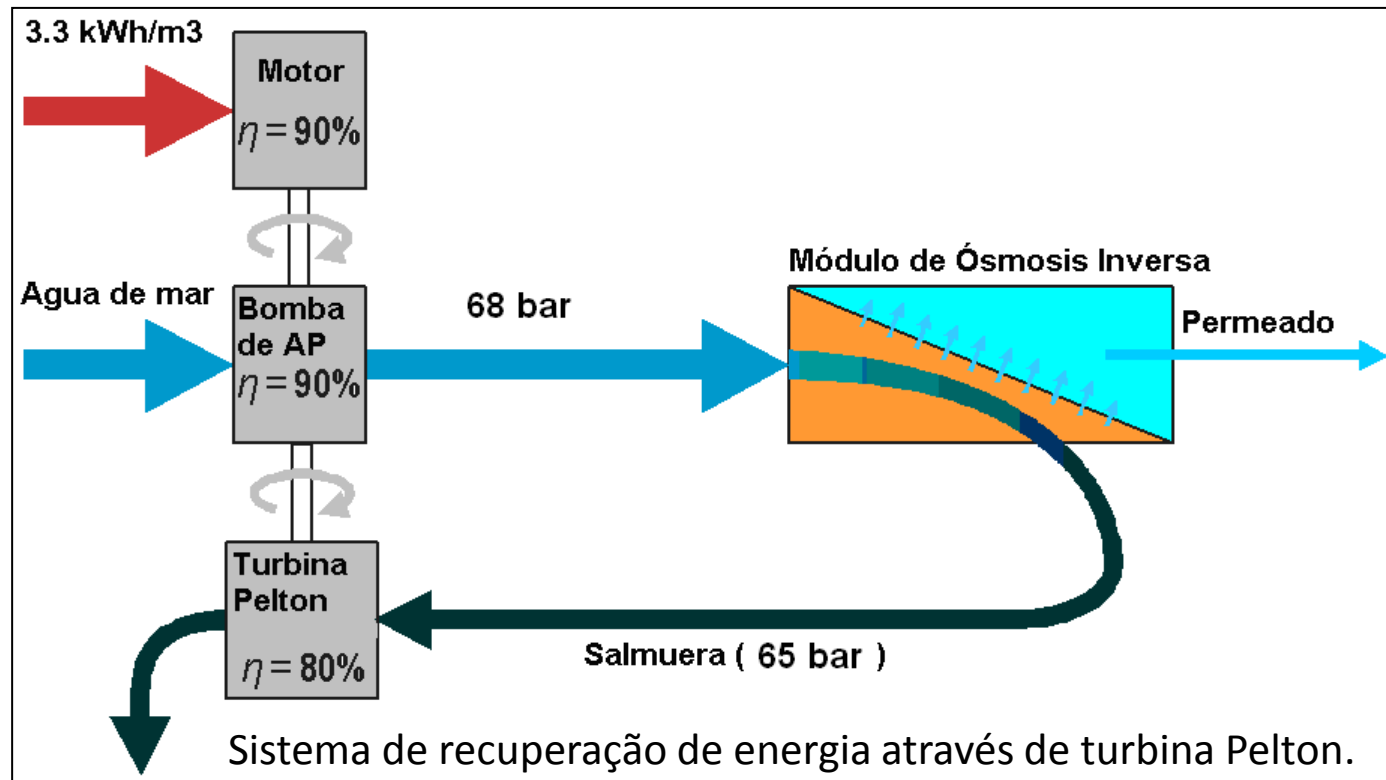
Sistemas de intercambio de presión

Evolução do consumo de energia em dessalinização.

DIRETRIZES PARA CONSEGUIR A MÁXIMA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO.

💧 RECUPERAÇÃO DE ENERGIA. Sistemas Centrífugos

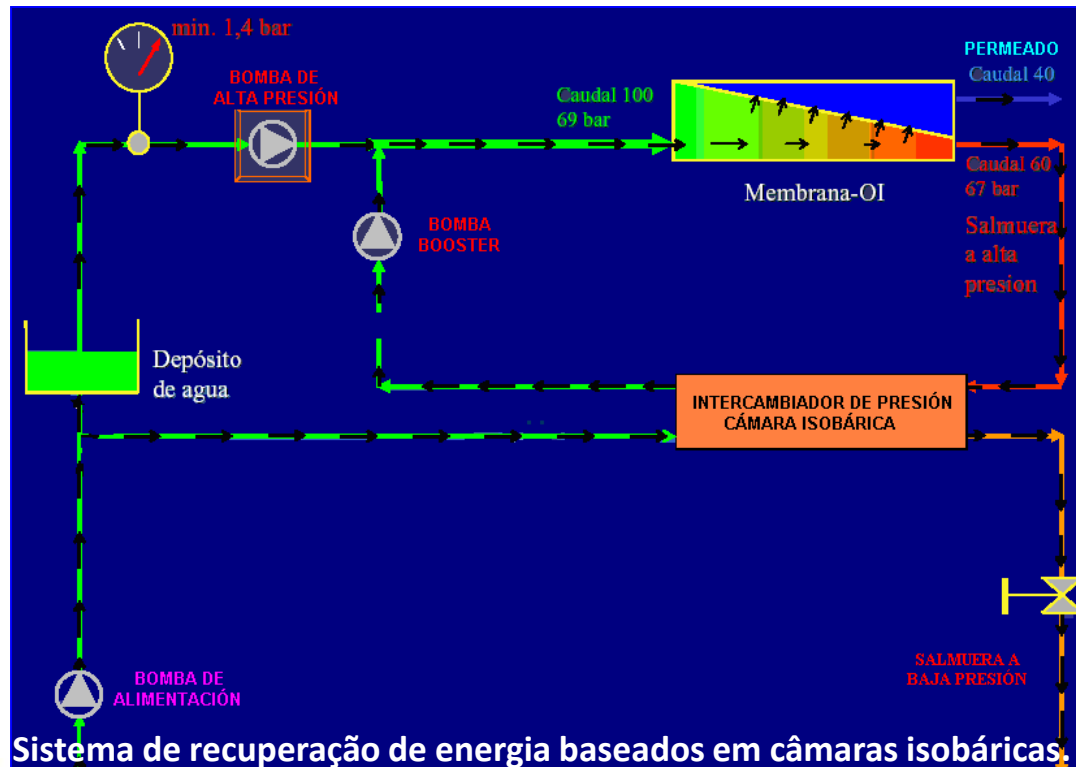
- ✓ A turbina Pelton (com eficiências de 88%) trata-se de um sistema bastante contrastado, apesar de que a recuperação de energia não supera os 0.18 a 0.2 kWh/m³. O CE de energia situa-se entre 3.5 y 4.5 kWh/m³.



DIRETRIZES PARA CONSEGUIR A MÁXIMA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO.

💧 RECUPERAÇÃO DE ENERGIA. Sistemas dinâmicos e isobáricos

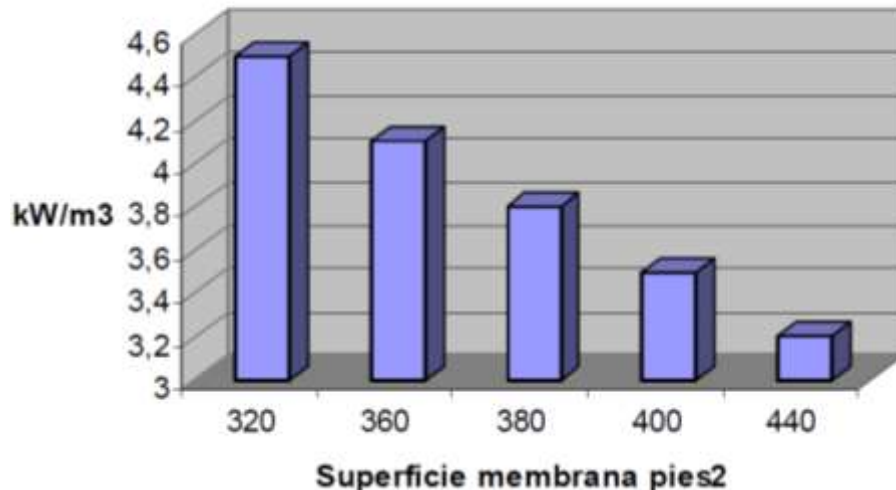
- ✓ Para evitar perdas de eficiência associadas com a conversão de energia inerente aos sistemas centrífugos; desenvolveram-se dispositivos que colocam em contato direto o rejeito e a água de alimentação por meio de câmaras isobáricas. A eficiência alcançada é de aproximadamente 97%.



DIRETRIZES PARA CONSEGUIR A MÁXIMA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO.

- ✓ Houve inúmeros esforços para melhorar a eficiência dos sistemas de recuperação de energia, a fim de reduzir CE nas plantas dessalinizadoras. Chegou-se a eficiência de aproximadamente 98% (câmaras isobárica), de tal modo que a margem redução CE utilizando tais sistemas é limitada. Por esta razão, os esforços agora se centram no campo das membranas.

Consumo/Evolución membranas



- ✓ As chamadas de membranas de última geração, conseguiram através do aumento da superfície aumentar a rejeição de sal e reduzir a pressão de operação sem perder a produtividade. Todos estes avanços traduziram-se em redução de custos e energia.

- ✓ Aumentou-se a rejeição do sal por encima dos 99,7% e a produtividade das membranas foi incrementada de 22 para mais de 50 m³/d disponíveis atualmente. Estas membranas requerem menos energia (menor P de trabalho) e oferecem uma alta produtividade (maior fluxo de membrana).

TAREFAS REALIZADAS NO QUADRO PROJETO ISLHÁGUA: Auditoría Energética.



EDAM Matiota R.O.1 - 1.000 m³/d



EDAM Palmarejo - 5.000 m³/d



EDAM Palmarejo - 1.200 m³/d

Objetivo 4: Capacitação e promoção da dessalinização de grandes massas de água do mar com eficiência energética e a obtenção de água dessalinizada mediante energias renováveis em áreas descentralizadas com escassez de água potável.

- **Atividade 9.-** Estudo de melhorias da eficiência energética em plantas dessalinizadoras de água do mar (e tratamento das águas residuais).

Auditorias em vários centros de dessalinização de água do mar e tratamento de águas residuais das Canárias e Cabo Verde com o objetivo de definir as determinações para minimizar o consumo energético dos sistemas de dessalinização por osmose inversa (OI) alcançar uma melhor eficiência energética, aumento a vida útil dos equipamentos e reduzir o custo econômico da água.



AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

- Em agosto do 2011 se elabora um **relatório preliminar de diagnóstico das estações dessalizadoras de Palmarejo (Praia) e Matiota (Mindelo)**. Nesse documento, expõe-se toda a informação recolhida nas visitas realizadas, nos dias 11 e 12 de julho de 2011, aos centros de produção de água dessalinizada da empresa ELECTRA S.A.R.L. em Santiago e São Vicente.
- O **centro de produção de Palmarejo** (Ilha de Santiago), tem uma capacidade total de produção de 7400 m³/d, repartidos em 3 plantas dessalinizadoras; uma de 5000 m³/d e dois módulos de 1200 m³/d localizados em contentores.
- O **centro de produção de Matiota** (ilha de São Vicente), tem uma capacidade total de produção de 5400 m³/d, repartidos em 5 plantas dessalinizadoras; três de 1000 m³/d e dois módulos de 1200 m³/d localizados em contentores.

AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

- Das conclusões extraídas do relatório preliminar de diagnóstico dos dois centros de produção, decidiu-se realizar uma AE em 3 plantas dessalinizadoras (1 de Matiota e 2 de Palmarejo). Entre 6 e 13 de Dezembro de 2011 foram realizadas visitas a ambas instalações de produção para levar a cabo à 1ª fase (recolha de dados) da AE. A duração dos trabalhos foi de 6,5 meses.



EDAM Palmarejo - 5.000 m³/d

EDAM Palmarejo - 1.200 m³/d

EDAM Matiota R.O.1 - 1.000 m³/d



AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

ESTRUTURA DA AUDITORIA

**EVOLUÇÃO
SITUAÇÃO ATUAL**

**MEDIÇÕES E RECOLHA DE DADOS
ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DOS EQUIPAMENTOS
AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA E CONSUMO ESPECÍFICO
ESTUDO DA EVOLUÇÃO DE FOULING
ANALISES DOS DADOS OBTIDOS**

**MEDIDAS DE POUPANÇA
E ESTUDO ECONÓMICO**

**IDENTIFICAÇÃO DE MEDIDAS DE POUPANÇA
CÁLCULO DA IDONEIDADE DE EQUIPAMENTOS EXISTENTES
POUPANÇA
INVESTIMENTO
RENTABILIDADE**

AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

💧 MEDIÇÕES

- ✓ **CONSUMO ELÉTRICO** (analizador de redes)
- ✓ **VAZÕES** (medidores de vazão por ultrassom)
- ✓ **TERMOGRAFIAS** (câmara termográfica)
- ✓ **ANALÍTICAS**
- ✓ **RÉGIME DE FUNCIONAMENTO** (contador de arranques)



AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

✓ MEDIÇÃO DO CONSUMO ELÉTRICO (analisador de redes)



AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

- ✓ **VAZÕES** (medidores de vazão por ultrassom)

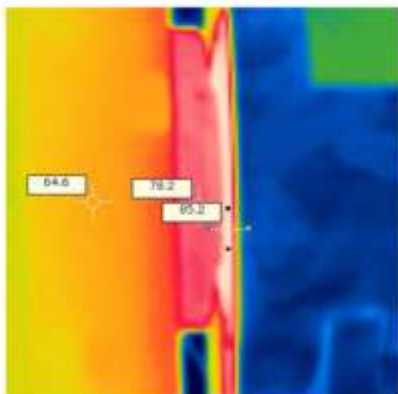


AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

✓ TERMOGRAFIAS (câmara termográfica)

Termógrafo

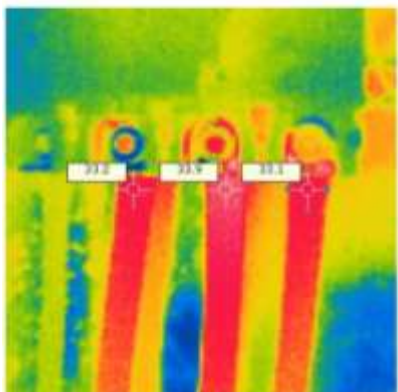
Personal de Inexa



**ELEMENTOS
MECÂNICA**

Termógrafo

Personal de Inexa



**ELEMENTOS
ELÉTRICOS**

AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE EQUIPAMENTOS EXISTENTES

01.03.- ID P-2 a/b GRUPO TURBO-BOMBA

INFORMACIÓN GENERAL

Concepto	Descripción
Nº de equipos	2
Nº de unidades de seguridad	1
Servicio	Bombeo agua de alimentación a membranas - Módulo 1
Identificación	P-2 a/b

BOMBA

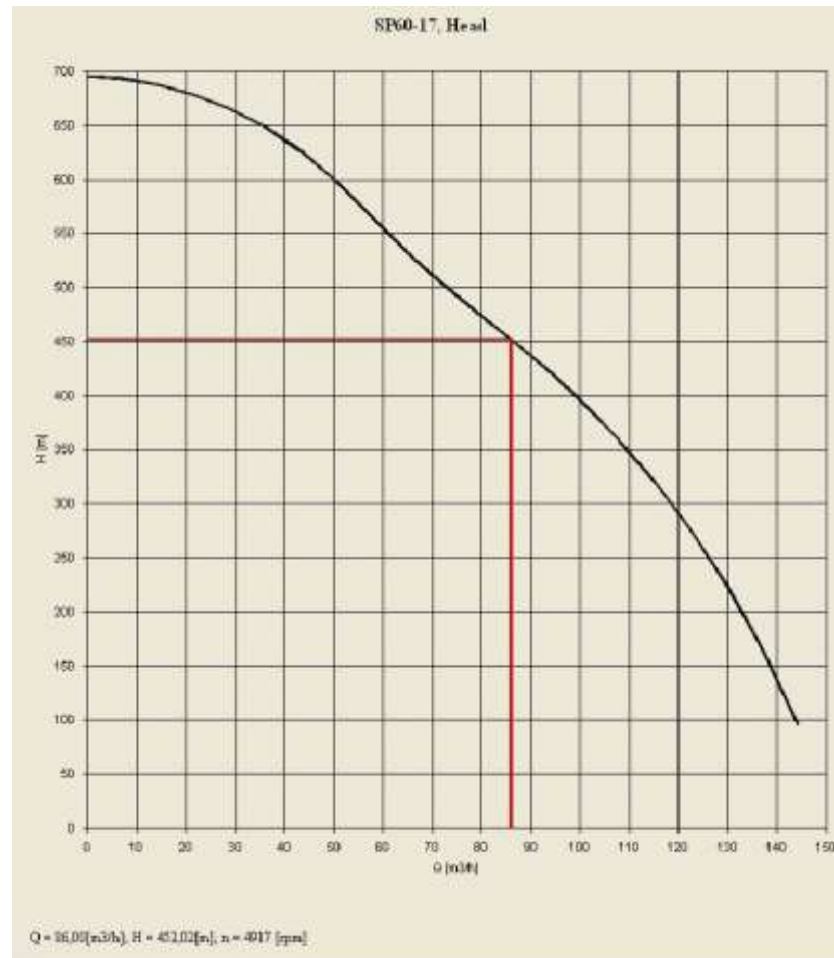
Concepto	Descripción
Marca	Grundfos
Tipo	BMET 60-17/80
Modelo	14982414 - 0420-03
Caudal nominal	86 m ³ /h
Altura	620 m (62 bar)
Velocidad nominal	4917 rpm
Potencia nominal	148 kW
Rendimiento hidráulico	72%
Peso	1360 kg



Material de construcción	
Eje	Acero inoxidable
Cierre mecánico	Carbono / carburo de silicio
Motor	

TURBINA

Concepto	Descripción
Marca	Grundfos
Tipo	
Modelo	
Caudal nominal	44 m ³ /h
Altura	620 m



AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

💧 MEDIDAS DE POUPANÇA PROPOSTAS

- ✓ TROCA DE MEMBRANAS
- ✓ TROCA DE BOMBA DE ALTA PRESSÃO (BAP)
- ✓ PONTO ÓPTIMO DE RENDIMENTO DA BAP
- ✓ ADAPTAÇÃO A CÂMARA ISOBÁRICA
- ✓ AUMENTO DE CAPTAÇÃO

COMBINAÇÃO DE MEDIDAS



ESCENARIOS

AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

RESULTADO EXEMPLO DO ESTUDO ECONÓMICO

IDAM – 5.000 m³/d

ESC 5

RECUPERAÇÃO DE ENERGIA POR CÂMARAS ISOBÁRICAS E TROCA DE MEMBRANAS

C.E. O.I.	3,87 kWhr/m ³ → 2,72 kWhr/m ³
POUPANÇA ANUAL	484.944 €
INVESTIMENTO	1.352.401 €
TIR	28%
PRI	4 años

AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

RESULTADO EXEMPLO DO ESTUDO ECONÓMICO

IDAM 1200 m³/d

ESC 2

SUBSTITUIÇÃO DE MEMBRANAS E BOMBA DE
ALTA PRESSÃO POR OUTRAS MAIS EFICIÊNTES

C.E. O.I.	2,96 kWhr/m ³ → 2,05 kWhr/m ³
POUPANÇA ANUAL	77.747 €
INVESTIMENTO	267.096 €
TIR	22%
PRI	5 años

AE NOS CENTROS DE PRODUÇÃO DA ELECTRA S.A.R.L. (ILHA DE SANTIAGO E SÃO VICENTE).

RECOMENDAÇÕES

1. SUBSTITUIR SISTEMA TURBINA POR CÂMARAS ISOBÁRICAS – ALTA RENTABILIDADE
2. REALIZAR LIMPEZAS QUÍMICAS EM IDAM MATIOTA – F. FOULING > 0,8
3. IDAM PALMAREJO 5000 M³/D TROCA DE MEMBRANAS E CÂMARAS ISOBÁRICAS (ESC. 5)
4. REVISÕES DE EQUIPAMENTOS CONFORME OS RESULTADOS DAS TERMOGRAFIAS
5. É NECESSÁRIA UMA ENGENHEIRA DE DETALHE PARA AFINAR CUSTES/INVESTIMENTO
6. CENTRALIZAÇÃO NUM ARQUIVO DE DADOS DIGITALIZADOS DESTE ESTUDO

Muito obrigado pela sua atenção

