



## SUBSTITUIÇÃO DE GRUPOS ELETROBOMBA: ABORDAGEM DETERMINÍSTICA BASEADA EM ESTUDOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Exemplo: a captação de água em Morgavel

Nuno, LOPES<sup>1</sup>; Rodrigo MARQUES<sup>2</sup>, Manuel, LACERDA<sup>3</sup>; Luís, GHIRA<sup>4</sup>; Luís, MAMOUROS<sup>5</sup>; Nuno, BRÔCO<sup>6</sup>

1 - Engenheiro Civil, Técnico Sénior do Núcleo de Infraestruturas e Modelação de Sistemas da Direção de Engenharia, Águas de Portugal Serviços Ambientais, [nuno.lopes@adp.pt](mailto:nuno.lopes@adp.pt).

2 - Engenheiro Mecânico, Técnico Sénior do Núcleo de Infraestruturas e Modelação de Sistemas da Direção de Engenharia, Águas de Portugal Serviços Ambientais, [r.marques@adp.pt](mailto:r.marques@adp.pt).

3 - Engenheiro Agrónomo, Administrador, Águas de Santo André, [m.lacerda@adp.pt](mailto:m.lacerda@adp.pt).

4 - Engenheiro do Recursos Hídricos, Diretor de Operação, Águas de Santo André, [l.ghira@adp.pt](mailto:l.ghira@adp.pt).

5 - Engenheiro Civil, Coordenador do Núcleo de Infraestruturas e Modelação de Sistemas da Direção de Engenharia, Águas de Portugal Serviços, [l.mamouros@adp.pt](mailto:l.mamouros@adp.pt).

6 - Engenheiro Químico, Diretor de Engenharia, Águas de Portugal Serviços, [n.broco@adp.pt](mailto:n.broco@adp.pt).

### Resumo

A substituição de grupos eletrobomba é um procedimento que ocorre em cada vez mais infraestruturas, devido a múltiplos motivos, sejam eles por necessidade imediata devido a avaria, por ter sido atingido o fim da sua vida útil do ativo ou por o seu dimensionamento de horizonte projeto não ser compatível com as necessidades reais.

A substituição de um grupo eletrobomba por outro de idênticas características não é, normalmente, a melhor escolha. O ganho de eficiência obtido pode atingir valores da ordem de 30% face ao existente, com recuperação do investimento em cerca de 2 anos por grupo eletrobomba substituído.

A especificação o mais completa possível do grupo a adquirir, incluindo a curva tipo pretendida e a eficiência mínima para o(s) caudal(is) pretendido(s) são peças importantes na avaliação e seleção da proposta vencedora.

É apresentado o exemplo de um trabalho recente onde esta metodologia foi aplicada, nomeadamente a captação do sistema de abastecimento de água industrial da Águas de Santo André, S.A. (AdSA), em Morgavel, onde a redução potencial de custos é muito significativa.

**Palavras-chave:** Eficiência, energia, hidráulica, rendimento, grupo eletrobomba.

**Tema:** Dimensionamento, beneficiação e operação de sistemas de abastecimento, drenagem e tratamento de águas.

## 1. INTRODUÇÃO

Existe sempre a intenção das entidades gestoras de com a substituição dos grupos eletrobomba se potenciar a necessidade de reduzir os consumos energéticos aproveitando também os melhores e mais económicos períodos diários de funcionamento e consumo de energia, se potenciar a capacidade de elevação com diferentes caudais, mantendo elevados rendimentos dos grupos eletrobomba, gerindo o Sistema conforme as solicitações.

Esta intenção tem forçado a que a substituição de determinados grupos eletrobomba, de maior importância, seja estudada de forma mais cuidada.

Neste sentido, a Direção de Engenharia das Águas de Portugal, Serviços Ambientais S.A. (AdP Serviços), tem vindo a desenvolver estudos para substituição dos grupos eletrobomba, que têm incorporado diversas componentes pouco usuais, nomeadamente:

- a importância do custo do ciclo de vida de um equipamento;
- o enquadramento do funcionamento percebendo se existe inadequação do grupo anteriormente instalado;
- a adequação do grupo eletrobomba ao projeto no qual foi concebido;
- a adequação do projeto original à realidade;
- a evolução das necessidades futuras para esse grupo eletrobomba;
- a evolução tecnológica que esses grupos eletrobomba sofreram com ganhos de eficiência significativos a par de alguma diminuição do seu custo;
- a importância do consumo energético no custo do ciclo de vida do grupo eletrobomba.

Apresenta-se a seguir a metodologia utilizada e a seguir o exemplo da captação do sistema de abastecimento de água industrial da empresa Águas de Santo André, S.A. (AdSA), onde a redução potencial de custos é muito significativa.

## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Importância do custo do ciclo de vida de um equipamento

Acontece com alguma regularidade, nos processos de concurso para aquisição de grupos eletrobomba, o custo do equipamento ser um dos fatores mais importantes de decisão, se não mesmo o único.

Uma análise mais cuidada sobre o custo total do ciclo de vida (considerando o investimento inicial, manutenção, custos energéticos, etc.), pode revelar que o custo dos grupos eletrobomba a substituir pode ser inferior a 5% do custo total do seu ciclo de vida e que os custos energéticos poderão ultrapassar os 90% desse valor (ver exemplos na Figura 1).

Por outro lado, no processo de substituição de um grupo eletrobomba existe um objetivo indissociável que passa pela melhoria da performance do mesmo.

## 13.º Congresso da Água

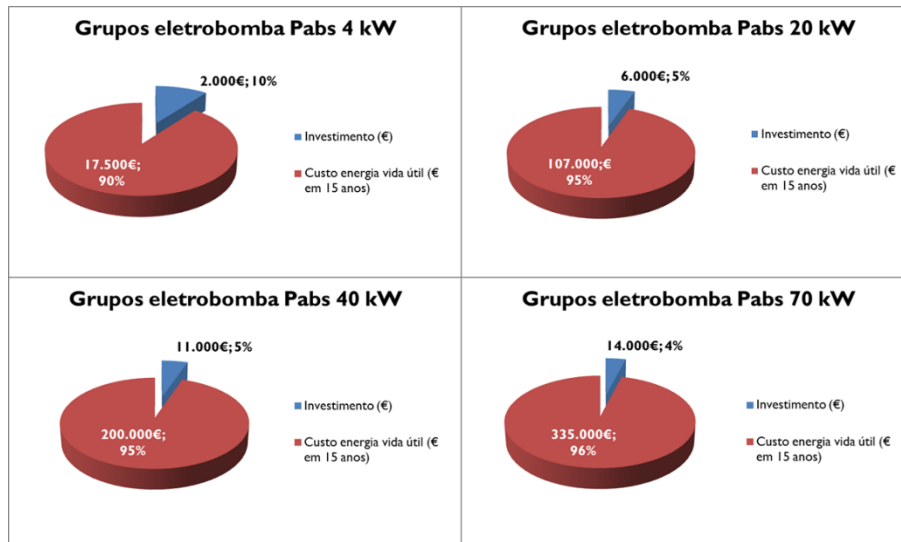


Figura 1. Custo do ciclo de vida de bombas de diversas potências

Para obter o Custo do Ciclo de Vida (*LCC*) de um equipamento, há normalmente que considerar os seguintes custos, que poderão ou não existir, conforme o bem em questão:

$$LCC = Cic + Cin + Ce + Co + Cm + Cs + Cenv + Cd \quad (1)$$

em que:

*Cic* = *investimento inicial*: tem uma especial importância por ocorrer antes da própria rentabilização do projeto e por representar um elevado esforço financeiro num curto espaço de tempo;

*Cin* = *custo de instalação e arranque*: varia de acordo com as opções utilizadas, relativamente a mão-de-obra e forma de instalação (empreitada ou por meios próprios);

*Ce* = *custo energético*: deve ser estimado de forma o mais precisa possível considerando os caudais esperados, os consumos de energia específicos determinados com base nas características dos equipamentos e o custo de aquisição da energia elétrica;

*Co* = *custos de operação*: normalmente correspondem a custos com a supervisão do sistema e variam conforme a complexidade do mesmo, mas tendem a baixar quanto maior for o grau de automatização;

*Cm* = *custos de manutenção*: normalmente correspondem aos custos de peças de substituição, da mão-de-obra especializada, da frequência com que são feitas intervenções no equipamento e ainda da possibilidade, ou não, das intervenções serem realizadas no local da instalação;

*Cs* = *custo da paragem*: em alguns casos, os prejuízos relativos a paragens súbitas do equipamento e à não produção são bastante relevantes e podem ganhar um peso bastante significativo no cálculo do *LCC*;

*Cenv* = *custos ambientais*: devem ser considerados os custos de equipamentos auxiliares de segurança e custos associados aos riscos de contaminação;

*Cd* = *custo de desmontagem*: deve ser contemplada a desmontagem da instalação e a reposição do ambiente natural outrora existente;

## 2.2. Enquadramento do funcionamento real com os valores de projeto

Em fase de projeto são definidas as necessidades de água que decorrem de variáveis chave que caracterizam a procura, normalmente:

- população a servir;
- capitação;
- contributos industriais ou outros;
- perdas (AA) ou aflúncias indevidas (AR);
- fatores de ponta
- etc...

Estas variáveis são, à data da realização dos projetos, definidas com base na melhor informação disponível, para que o caudal de dimensionamento inicial se aproxime o mais possível da realidade.

A análise e comparação com valores reais da zona a servir é essencial, residindo neste aspeto a primeira incoerência possível de ser cometida:

- se o caudal medido for excessivo, o tempo de funcionamento dos grupos eletrobomba será menor (menor energia), mas o custo da obra foi elevado desnecessariamente;
- se o caudal medido for menor que o necessário, temos uma obra mal concebida, com grande pressão na Entidade Gestora para resolver a situação, normalmente com aumento de pressão na tubagem por instalação de grupos eletrobomba de maior capacidade e custos de energia superiores.

Houve também que definir a altura de elevação, que corresponde à diferença de cotas entre os planos de água, adicionadas de perdas de carga no circuito elevatório (contínuas e localizadas).

Mais uma vez, convém que esta variável esteja correta para que o caudal elevado se aproxime o mais possível da realidade. Aqui reside a segunda incoerência possível de ser cometida:

- se a altura de elevação medida for superior à inicialmente calculada, o caudal dos grupos eletrobomba será menor que o pretendido e provavelmente o grupo será inadequado;
- se a altura de elevação medida for inferior à inicialmente calculada, o caudal elevado será superior ao pretendido e provavelmente o grupo será inadequado. Em algumas situações serão fechadas válvulas para o diminuir, com desperdício de energia.

## 2.3. Adequação do grupo eletrobomba instalado ao projeto no qual foi idealizado

Considerando que a definição do caudal e da altura de elevação foram corretamente definidos em fase de projeto, há que especificar, aprovar, adquirir e instalar o grupo que melhor se adequa ao funcionamento pretendido.

Na fase de especificação de um grupo eletrobomba tem havido a tendência para definir apenas 1 ponto de funcionamento:  $xx \text{ m}^3/\text{s} @ yy \text{ m c.a.}$

## 13.º Congresso da Água

Esta definição não está incorreta, mas peca por defeito, porque 1 ponto não traduz a curva da bomba pretendida, mas permite múltiplas bombas, com resultados de caudal díspares. Por esse motivo isso deve ser proposta uma curva previamente selecionada que sirva de guia.

Especificar apenas o ponto, sem referir qual o rendimento mínimo pretendido permitirá a instalação de grupos menos eficientes e mais consumidores de energia. Deve ser definido claramente o rendimento mínimo para o ponto pretendido.

Reside nesta (in)definição a terceira incoerência possível de ser cometida.

É importante que em fase de aprovação e aquisição seja verificado o funcionamento do grupo conjugado com a curva do sistema, desenvolvendo-se o gráfico das curvas características do sistema.

Só assim se poderá perceber o desempenho que o grupo proposto terá inserido no sistema elevatório.

### 2.4. Adequação do projeto original à realidade e evolução das necessidades

Existem sempre diferenças:

- entre o caudal de projeto e o real (e que se modifica ao longo do tempo);
- entre as cotas de implantação dos órgãos, previstas e reais;
- nos próprios circuitos hidráulicos, com perdas de carga contínuas e localizadas diferentes.

Pelas razões atrás referidas, no momento de substituição de um grupo eletrobomba, existem aspetos a avaliar, todos eles já referidos:

- Caudal necessário: um grupo eletrobomba passa necessariamente, ao longo da sua vida útil, pela alteração das necessidades que lhe estão associadas;
- Modo de funcionamento e necessidades de exploração;
- Circuitos hidráulicos (forma, cotas, DN, etc....

A substituição de um grupo eletrobomba por outro de idênticas características não é, normalmente, a melhor escolha.

Há que desenvolver as Curvas Características do sistema real e perceber qual o grupo que melhor se adequa às reais condições de exploração, e que até pode ser diferente dos existentes.

Trata-se de um exercício que quando bem desenvolvido indica claramente à Entidade Gestora os limites de exploração do seu sistema elevatório.

### 2.5. Evolução tecnológica

Os grupos eletrobomba têm vindo a sofrer uma grande evolução tecnológica, com ganhos de eficiência significativos, a par de alguma diminuição do seu custo.

É possível e até normal conseguir-se substituir um grupo eletrobomba e recuperar esse investimento num período muito curto de tempo. Com uma intensa pesquisa ao mercado é

## 13.º Congresso da Água

possível substituir grupos eletrobomba mais antigos com eficiências inferiores a 60%, por outros mais recentes com eficiências de 80% ou superiores.

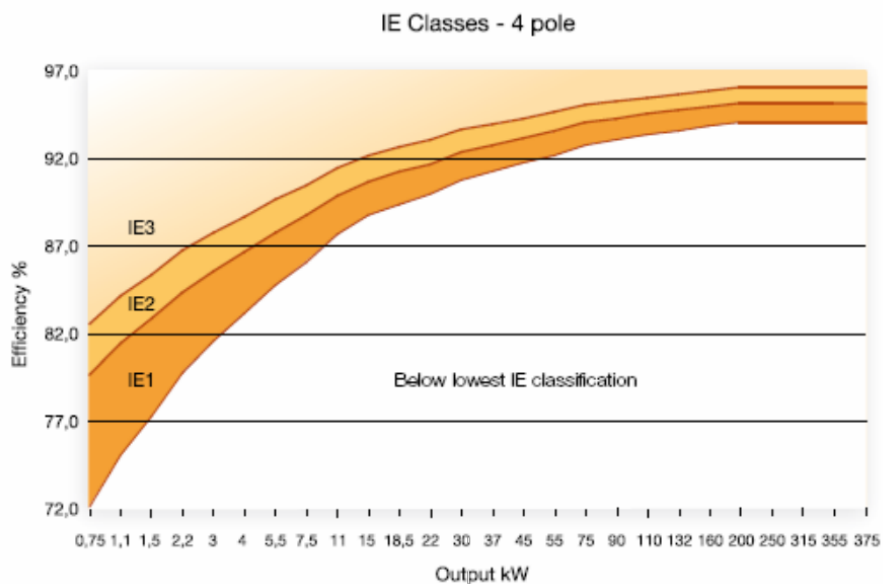
No entanto, face aos constrangimentos orçamentais e legais existentes, há que seguir procedimentos muito rigorosos nas substituições de grupo eletrobomba. Por isso é cada vez mais necessário:

- a justificação com valores realistas do ganho de eficiência/monetário;
- a especificação o mais completa possível do grupo a adquirir, incluindo a curva tipo pretendida e a eficiência mínima para o caudal pretendido.

### 2.6. Importância do consumo energético: eficiência mínima

O consumo energético está fortemente relacionado com a eficiência do conjunto grupo bomba + motor. O motor também tem tido desenvolvimentos com grandes ganhos de eficiência.

A norma IEC 600034-30 define as classes de eficiência para motores elétricos com potência efetiva PN entre 0,75 kW e 375 kW (ver Figura 2) e define metas para a sua implementação.



**Figura 2.** Classes de eficiência para motores elétricos com potência efetiva entre 0,75 kW e 375 kW, de acordo com a norma IEC 600034-30

A nível europeu, o Regulamento (CE) n.º 640/2009 da Comissão de 22 de Julho de 2009 (que dá execução à Diretiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita aos requisitos de conceção ecológica para os motores elétricos) está em linha com a norma IEC no que se refere às metas e calendários definidos para motores elétricos.

### 3. EXEMPLO: A CAPTAÇÃO DE ÁGUA INDUSTRIAL DA AdSA

#### 3.1. Enquadramento

A captação de água bruta na Albufeira de Morgavel (ver Figura 3), tem como função a alimentação da ETA de Morgavel, para fornecimento de água industrial às indústrias presentes na Zona Industrial e Logística de Sines (ZILS).



**Figura 3.** Localização da captação de água bruta de Morgavel (extrato da carta militar 1/25000, nº 526, na zona de Sines)

Trata-se da principal infraestrutura de captação de água da AdSA, com importância vital para a Empresa, mas também para um dos principais polos industriais e de desenvolvimento de Portugal, onde estão localizadas indústrias como a EDP, a PETROGAL e REPSOL e a ARTÉNIUS/ARTLAND.

A captação de Morgavel é atualmente constituída por 6 grupos eletrobomba do tipo furo, datados de 1995 a 1997:

- 1 com caudal da ordem dos 290 L/s;
- 3 com caudal similar da ordem dos 250 L/s;
- 2 mais pequenos, similares, com caudal da ordem dos 125 L/s.

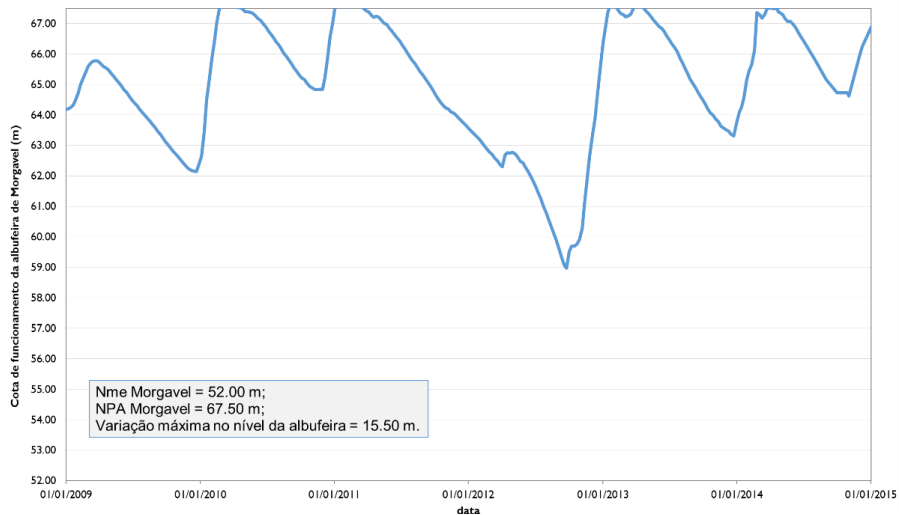
Nenhum dos grupos eletrobomba existentes dispõe de variação de velocidade, pelo que em determinadas condições de exploração, é difícil o acerto para o caudal mais indicado, acrescido de piores rendimentos.

Neste sentido, foi analisada a performance dos grupos eletrobomba com maior utilização (os três com caudal de 250 L/s).

## 13.º Congresso da Água

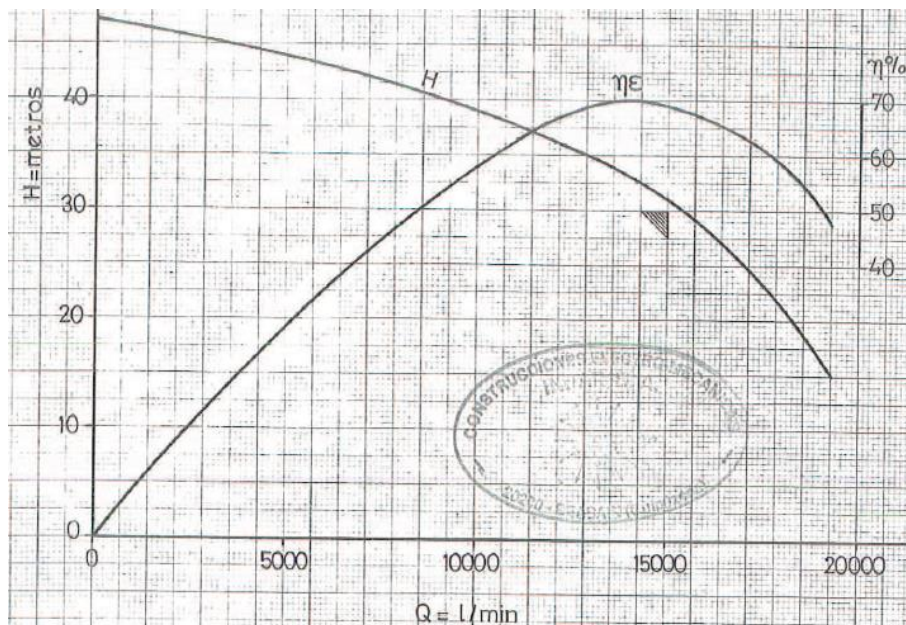
Dado que não existe variação de caudal, o caudal elevado por cada um dos grupos eletrobomba depende do nível da albufeira, ou seja, varia com a altura de elevação.

Neste sentido, foi analisada a variação do nível da albufeira de Morgavel, no período entre 2009 e 2014 (6 anos completos), e determinada a altura de elevação média em cada um desses anos (com base nos registos diários de nível, conforme a Figura 4 e Tabela 1).



**Figura 4.** Nível da Albufeira de Morgavel entre 2009 e 2014

Considerando agora a curva característica desses grupos eletrobomba (ver a Figura 5), foi determinado o caudal individual de funcionamento, para 1 grupo eletrobomba, para cada ano. Pode verificar-se que o rendimento previsto para o ponto de dimensionamento de projeto (250 L/s @ 30.0 m c.a.) corresponde a um bom valor, da ordem de 70%.



**Figura 5.** Curva característica dos grupos eletrobomba existentes



Apresenta-se na Tabela 1 a estimativa que se obtém para o funcionamento médio dos grupos eletrobomba em cada um dos anos analisados, considerando o funcionamento contínuo em 24 horas, 365 dias ao ano. Este modo de funcionamento é compatível com o carácter industrial deste sistema de abastecimento.

Foi também estimado o modo de funcionamento da estação elevatória, no que respeita o número de grupos a funcionar em simultâneo, tendo-se concluído que funciona 1 grupo sempre, funcionamento o segundo grupo eletrobomba cerca de 50% do tempo.

**Tabela 1.** Caudais captados e elevados entre 2009 e 2014. Funcionamento médio estimado dos grupos eletrobomba existentes

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /ano)	9 676 146	10 836 345	10 821 372	15 277 242	16 576 345	12 682 235
<b>Q<sub>elevado</sub> médio</b> (L/s) (24h/24h)	306.8	343.6	343.1	484.4	525.6	402.2
<b>Q<sub>individual</sub></b> (L/s)	311.5	319.2	318.4	298.2	311.3	316.4
<b>H<sub>elevação</sub> média</b> (m c.a.)	17.56	15.73	15.91	21.21	17.63	16.36
<b>Rend<sub>-total</sub> médio</b> (%)	52.8%	49.1%	49.5%	58.3%	52.9%	50.5%
<b>Grupos a funcionar em simultâneo</b>	1 (100%) 2 (0%)	1 (100%) 2 (+7%)	1 (100%) 2 (+7%)	1 (100%) 2 (+38%)	1 (100%) 2 (+41%)	1 (100%) 2 (+22%)

Verifica-se que apesar de no ponto de dimensionamento o rendimento dos grupos eletrobomba ser bom, na realidade o seu funcionamento ocorre para um caudal superior, com altura de elevação menor, e com rendimento muito inferior ao ideal (média de 52.2%).

### 3.2. Decisão de substituição

Foram identificados alguns problemas de funcionamento da captação de Morgavel, potenciando assim o desenvolvimento de uma solução que melhor sirva os interesses da AdSA, nomeadamente:

- a existência de grupos eletrobomba com 20 anos de utilização intensiva e a necessitar de substituição;
- necessidade imediata de manutenção com custos elevados em todos os grupos eletrobomba;
- disponibilidade reduzida de peças de reserva e prazos de entrega elevados;
- a necessidade de reduzir os consumos energéticos da captação;
- dificuldade atual em explorar a albufeira nas diferentes cotas, potenciando a captação futura às diferentes cotas da albufeira, mantendo elevados rendimentos dos grupos eletrobomba;

## 13.º Congresso da Água

- permitir que o caudal de captação possa ser regulado, por forma a compatibilizar diferentes regimes de exploração na ETA, conforma as solicitações no consumidor final;
- aproveitar os melhores e mais económicos períodos diários de funcionamento e consumo de energia.

Os factos atrás demonstrados revelam o que anteriormente se referiu, de que bons projetos podem ser totalmente desvirtuados na sua adaptação à realidade, neste caso associado ao funcionamento de grupos eletrobomba de velocidade fixa numa albufeira com elevada variação no seu nível de funcionamento, em se obtêm um funcionamento dos grupos eletrobomba com rendimentos baixos, e conseqüentemente com maior gasto de energia.

Foi, por isso, identificada a capacidade de otimização dos consumos energéticos da captação de Morgavel por substituição dos grupos eletrobomba mais utilizados (com capacidade de 250 L/s).

Foi definido com a AdSA qual o caudal de dimensionamento a considerar para os novos grupos eletrobomba. Face ao funcionamento bastante consistente de 2 grupos eletrobomba nos seis anos analisados, a decisão tomada foi:

- substituir 3 grupos (para funcionar normalmente em modo 2+1, mas com possibilidade de funcionar em modo 3+0), com capacidade similar entre si;
- caudal nominal de 300 L/s (em vez dos 250 L/s dos existentes). Neste aspeto antevê-se a possibilidade de aumento dos caudais a fornecer às indústrias, a curto prazo;
- este caudal deverá ser garantido para o ponto de funcionamento mais desfavorável, ou seja, com a albufeira de Morgavel no Nível Mínimo de Exploração (Nme), e para apenas 1 grupo em funcionamento;
- instalar variação de velocidade nos novos grupos eletrobomba, que permitam maior constância no caudal a aduzir à ETA, que garante o mesmo valor de 300 L/s quando a albufeira se encontra na sua capacidade máxima, e que permita os melhores rendimentos possíveis em todos os pontos de funcionamento;
- manter os restantes 3 grupos como reserva pela criticidade que esta infraestrutura tem.

### 3.3. Desenvolvimento

Foram desenvolvidas as curvas características da instalação, tendo por base as características dos equipamentos e tubagens a instalar, e as cotas da albufeira e ETA de Morgavel, todas as perdas de carga contínuas e localizadas, e os diferentes modos de funcionamento.

Assim, para o caudal de 300 L/s são obtidos dois pontos extremos de funcionamento, dependendo do nível da albufeira:

- P1: 300 L/s @ 30.5 m c.a., quando a albufeira de Morgavel se encontra no seu nível mínimo de exploração (Nme);
- P2: 300 L/s @ 15.0 m c.a., quando a albufeira de Morgavel se encontra no seu nível de pleno armazenamento (NPA).

# 13.º Congresso da Água

Foram consultados diversos fornecedores de grupos eletrobomba, tendo-se concluído que existem grupos eletrobomba compatíveis com os pontos pretendidos (do tipo furo), mediante a adoção de variação de velocidade. Apresenta-se na Figura 6, a curva característica de um desses grupos eletrobomba, com a indicação do rendimento da bomba, onde se pode perceber a versatilidade que é possível utilizar na procura do melhor rendimento de funcionamento.

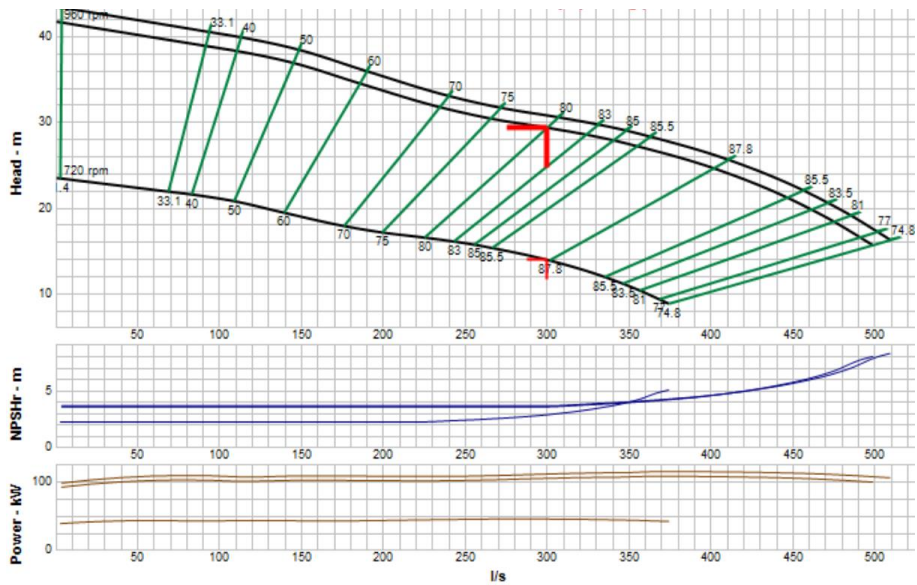
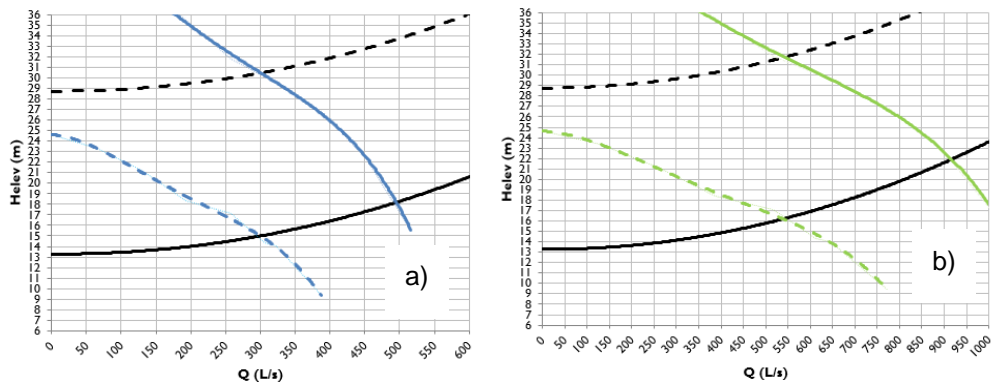
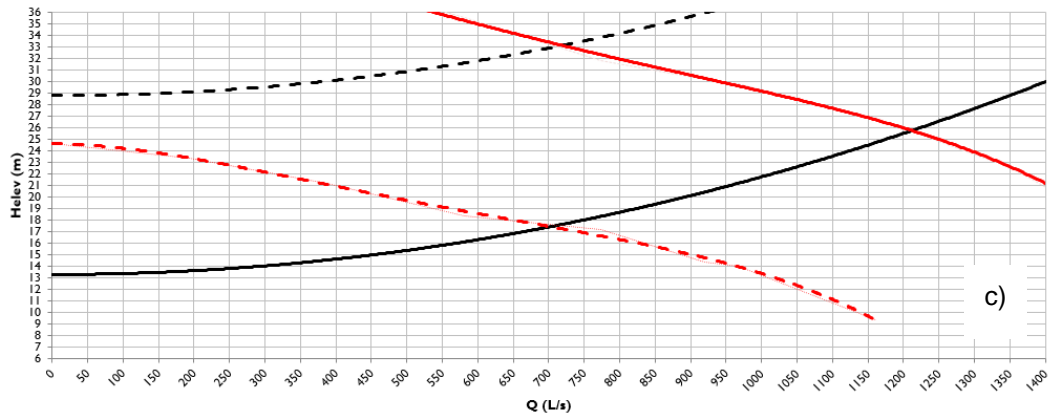


Figura 6. Curvas características de um grupo eletrobomba existente no mercado

Apresentam-se na Figura 7 as curvas características da instalação e do grupo eletrobomba atrás considerado, para o funcionamento com 1 grupo, 2 grupos e 3 grupos em simultâneo.



## 13.º Congresso da Água



**Figura 7.** Curvas características da instalação para o funcionamento com 1 grupo (a), 2 grupos (b) e 3 grupos (c) em simultâneo

No que respeita aos rendimentos mínimos a garantir o grupo eletrobomba a selecionar deverá apresentar um rendimento total ( $\eta_{total}$ ) nos pontos de funcionamento apresentados anteriormente (P1 e P2) que respeite as seguintes condições:

$$\eta_{total} = \eta_{bomba} \times \eta_{motor} \quad (2)$$

$$78.0\% \leq \eta_{bomba} \leq 100\% \quad (3)$$

$$80.0\% \leq \eta_{motor} \leq 100\% \quad (4)$$

$$62.4\% \leq \eta_{total} \leq 100\% \quad (5)$$

No que respeita à forma de avaliação para decisão de qual o fornecer executar os trabalhos, foram considerados 3 critérios, devidamente ponderados e classificados, a saber:

- Preço global (20%);
- Valia técnica (25%);
- Rendimento nos pontos de funcionamento especificados (55%).

O peso atribuído a cada um destes critérios resultou de ensaios efetuados para diferentes pontuações possíveis de cada um deles. A consideração de um valor para o preço global superior a 10%, conforme seria esperado pela observação da Figura 1, resulta do facto do valor do investimento ser muito significativo, e por isso dever ter expressão na avaliação final.

### 3.4. Resultados esperados

Quanto aos resultados esperados com a alteração preconizada, apresentam-se a seguir cálculos efetuados que permitem perceber a vantagem da substituição dos grupos eletrobomba existentes, por outros com melhor rendimento de funcionamento. Note-se que independentemente do rendimento se constituir como critério de avaliação, era já necessário a substituição dos grupos eletrobomba por se encontrarem em fim de vida útil.

Os custos de energia estimados para os grupos existentes são apresentados na Tabela 2.

## 13.º Congresso da Água

Os custos de energia estimados para os novos grupos eletrobomba, tomando como referência os caudais de 2009 a 2014, com as mesmas alturas de elevação, mas com os novos rendimentos esperados, são os apresentados na Tabela 3.

**Tabela 2.** Custos com energia apurados para os caudais captados e elevados entre 2009 e 2014, para os grupos eletrobomba existentes

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /ano)	9 676 146	10 836 345	10 821 372	15 277 242	16 576 345	12 682 235
<b>Q<sub>individual</sub></b> (L/s)	311.5	319.2	318.4	298.2	311.3	316.4
<b>H<sub>elevação média</sub></b> (m c.a.)	17.56	15.73	15.91	21.21	17.63	16.36
<b>Rend<sub>-total médio</sub></b> (%)	52.8%	49.1%	49.5%	58.3%	52.9%	50.5%
<b>Energia</b> (kWh/m <sup>3</sup> )	0.090567	0.0872456	0.0875141	0.0990523	0.0906991	0.0882561
<b>Energia</b> (kWh/ano)	876 335	945 423	947 022	1 513 245	1 503 460	1 119 285
<b>C<sub>unit.energia</sub></b> (€/kWh)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
<b>C<sub>total</sub></b> (€/ano)	96 397	103 997	104 172	166 457	165 381	123 121

**Tabela 3.** Custos com energia apurados para os caudais captados e elevados entre 2009 e 2014, considerando novos grupos eletrobomba

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Q</b> (m <sup>3</sup> /ano)	9 676 146	10 836 345	10 821 372	15 277 242	16 576 345	12 682 235
<b>Q<sub>individual</sub></b> (L/s)	311.5	319.2	318.4	298.2	311.3	316.4
<b>H<sub>elevação média</sub></b> (m c.a.)	17.56	15.73	15.91	21.21	17.63	16.36
<b>Rend<sub>-grupo médio</sub></b> (%)	87.0%	87.5%	87.8%	85.2%	87.0%	87.2%
<b>Rend<sub>-motor médio</sub></b> (%)	87.0%	87.0%	87.0%	87.0%	87.0%	87.0%
<b>Rend<sub>-total médio</sub></b> (%)	75.7%	76.1%	76.4%	74.1%	75.7%	75.9%
<b>Energia</b> (kWh/m <sup>3</sup> )	0.063162	0.0562675	0.0567013	0.0779057	0.0633906	0.0587014
<b>Energia</b> (kWh/ano)	611 165	609 734	613 586	1 190 184	1 050 784	744 465
<b>C<sub>unit.energia</sub></b> (€/kWh)	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
<b>C<sub>total</sub></b> (€/ano)	67 228	67 071	67 494	130 920	115 586	81 891

## 13.º Congresso da Água

A diferença de custos (potencial) é muito significativa, resultante de um funcionamento médio com rendimentos da ordem de 75.6%, com poupança potencial média de 38 000 €/ano (redução média de 30%/ano nos custos de energia deste captação), conforme Tabela 4.

**Tabela 4.** Redução potencial com custos com energia apurada para os caudais captados e elevados entre 2009 e 2014

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<b>Redução</b> Potencial (€/ano)	-29 169	-36 926	-36 678	-35 537	-49 794	-41 230
<b>Redução</b> Potencial (%)	-30.3%	-35.5%	-35.2%	-21.3%	-30.1%	-33.5%

Foi desenvolvido um projeto de execução, incluindo medições e orçamento, tendo em vista a implementação da solução preconizada. Para a substituição dos grupos eletrobomba existentes na captação de Morgavel pelos atrás apresentados, incluindo a reformulação das instalações elétricas, espera-se um valor da ordem dos 325 000 €, que pode ser amortizado em menos de 9 anos através dos ganhos com o custo da energia.

Considerando que poderiam ser instalados grupos eletrobomba com custo muito próximo do indicado, sem variação de velocidade, e com rendimentos equivalentes aos atuais, então o valor para a sua substituição seria da ordem de 240 000 €, ou seja, o diferencial do valor da empreitada é ganho em “apenas” 2 anos e meio.

Em empreitadas desta natureza é normal serem efetuados melhoramentos em toda a estação elevatória. Neste caso foram previstos melhoramentos gerais ao nível de colunas de compressão, medidores de caudal individuais, válvulas de retenção, válvulas de seccionamento e equipamentos conexos.

O valor da empreitada ascenderá assim a valores da ordem de 520 000 €, o que ainda é recuperado em cerca de 12 anos (a manterem-se os caudais médios entre 2009 e 2014), e em 7 anos considerando apenas a parcela correspondente aos melhoramentos efetuados em toda a instalação. Estes valores são muito inferiores à vida útil esperada para os novos grupos eletrobomba a instalar.

O aumento dos caudais esperados no futuro irá potenciar os ganhos com a eficiência do sistema e reduzir o tempo de recuperação do investimento agora previsto.

### 4. CONCLUSÕES

O presente artigo tentou apresentar a importância de desenvolver estudos cuidados aquando da intenção de substituir grupos eletrobomba existentes.

Os estudos desenvolvidos pela Direção de Engenharia da AdP Serviços têm vindo a incorporar metodologias cuidadas de análise:

- do enquadramento do funcionamento percebendo se existe inadequação do grupo eletrobomba existente;
- da adequação do projeto original à realidade e ao grupo eletrobomba existente;
- da evolução das necessidades futuras para um novo grupo eletrobomba;
- da evolução tecnológica dos grupos eletrobomba sofreram com ganhos de eficiência significativos a par de alguma diminuição do seu custo;
- da importância do consumo energético no custo do ciclo de vida do grupo eletrobomba.

Foi mostrado um caso, atualmente em implementação, em que compensa largamente o investimento previsto efetuar, numa infraestrutura de grande importância para a Águas de Santo André e para o Grupo Águas de Portugal.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Águas de Santo André e Águas de Portugal Serviços Ambientais (2015). Plano de Intervenções nos Subsistemas de Abastecimento de Água de Santo André

Gabinete da Área de Sines e Hidroprojecto (1977). Abastecimento de Água à Área de Sines, Projecto de Execução