****

**ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO RESERVATÓRIO:**

**ANÁLISE AO FUNCIONAMENTO E OPTIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

|  |
| --- |
|  |
| **AUTOR: Regina Casimiro** |  |
| **DATA: junho 2024** |  |

**CONTROLE DE VERSÃO**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Versão** | **Data** | **Autor** | **Verificado** | **Observações** |
| R.1 | 25/06/2024 | RC |  | Para comentário |
|  |  |  |  |  |

**Relatório preparado para a Infralobo - Empresa de Infra-estrutruras de Vale do Lobo, E.M.**

Sobre este relatório

O presente relatório tem como objectivo **analisar a adequabilidade da estação elevatória (EE), face às actuais solicitações da caudal e pressão. Procura-se, ainda, identificar oportunidades de melhoria face à sua atual reduzida eficiência energética** (figura #1).

O presente não serve para analisar o desempenho da EE à data em que foi projectada e construida a EE quando, provavelmente, outros requisitos de caudal e pressão existiam.

O relatório **não serve como proposta para decisões de investimento avultado**, como sejam trabalhos de construção civil ou aquisição de novos grupos eletrobomba. Para esse fim seriam necessários recursos humanos especializados e ensaios de campo, com instrumentação específica para obtenção, com fiabilidade, das grandezas electricas e hidráulicas. Só assim será possível fundamentar análises custo-benefício e comparar alternativas de investimento.

Potencial de melhoria de eficiência

No quadro #1 apresenta-se a comparação entre a eficiência da EE e a eficiência expectável, caso sejam aplicadas as boas práticas para este tipo de EE.

**Quadro #1:** Eficiência hidráulica da EE (comparativo)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Atual (%)** | **Boas prácticas1 (%)** |
| **Eficiência hidráulica** | 34.5% | 85% |

1 Valores típicos disponíveis em “Pumping system assessment tool” ([www.energy.gov](http://www.energy.gov))

A perda de eficiência energética tem consequências directas no aumento de consumo energético (quadro #2), com um potencial de poupança anual da ordem dos 112 715 kWh (corresponente a 11 275 €/ano1).

**Quadro #2:** Estimativa das perdas energéticas da EE em 2023

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Consumo atual (kWh/ano)1** | **Boas prácticas**  **(kWh/ano)** | **Potencial de poupança**  **(kWh/ano)2** |
| 189 750 | 77 035 | 112 715 |

1 estimativa de consumo com base no número de horas de funcionamento.

2 Se considerarmos um preço médio de eletricidade de 0.10€/kWh corresponde a um potencial ganho financeiro de11 272 €/ano.

No quadro #3 são indicadas possíveis ações para melhoria da eficiência, considerando o seu potencial na melhoria da eficiência global do sistema.

**Eficiência global kWh/(m3x100m)2**

**100% - 85%**

**84% - 75%**

**74% - 63%**

**62% - 55%**

**54% - 45%**

**44% - 35%**

**<35%**

**34.5% 0.79**

Nota:

1 Classificação correspondente ao ano 2023

2 Indicador ERSAR (100% de rendimento equivale a 0.27kWh/(m3X100)

**Figura #1:** Classificação da eficiência energética da instalação

**Quadro #3:** Lista de ações para melhoria da eficiência

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Lista de verificação** | **Potencial para melhoria de eficiência** | | | |
|  | **N/A** | **Baixo** | **Médio** | **Alto** |
| **Procura** | Diminuir consumo1 |  |  |  | **X** |
| Diminuir pico de consumo2 |  | **X** |  |  |
| Diminuir pressão de serviço |  | **X** |  |  |
| Diminuir perdas de água |  |  | **X** |  |
| **Tubagem** | Alterar configuração / layout |  |  |  | **X** |
| Alterar diâmetro das tubagens para aumento da capacidade de transporte3 |  |  |  | **X** |
| **Abastecimento** | Substituir os grupos |  |  |  | **X** |
| Reconfigurar o sistema de controlo |  |  | **X** |  |
| Alterar a sequência de funcionamento das bombas |  |  | **X** |  |
| redução da pressão de saída da EE4 |  |  |  | **X** |

1 Inclui oportunidade de redução de caudal (por clientes ou autoconsumo) e/ou desvio de consumo para outras zonas de abastecimento.

2 Inclui oportunidade de desvio de parte do consumo em hora de pico para outros períodos de menor consumo.

3 Inclui as tubagens da conduta de compressão (interior da EE), o alargamento do orifício de saída da EE e, eventualmente, o troço de saída da EE (tubagem exterior).

4 Inclui oportunidade de reformulação das zonas de abastecimento, com possível desvio de pontos de consumo que exigem maior pressão para outras zonas de abastecimento.

Requisitos impostos à Estação Elevatória

**Atuais…**

Em termos de pressão, é desejável uma pressão de saída da EE de 28 mca para assegurar 25 mca nos pontos de cota mais elevados (e.g., escritório da Infralobo e Quadradinhos).

Em termos de caudal, e tomando como referência o ano de 2023, o máximo consumo ocorreu no dia 5 de agosto e o mínimo consumo no dia 2 de janeiro (4509m3 e 679m3, respetivamente).

A figura #2 apresenta a “curva de duração” para o dia de maior e menor consumo de 2023. Esta curva realça a variação de caudal durante o dia, indicando, a percentagem de horas durante o dia (abcissa) que o caudal solicitado à EE excede certo nível (ordenada).

Por observação da figura #2 podemos concluir que o caudal máximo foi da ordem dos 300m3/h e que aproximadamente 25% do tempo os caudais verificados na EE foram, no dia 5 de agosto 2023, superiores a 250 m3/h. No período de baixo consumo, e tomando como referência o dia 2 de janeiro 2023, o caudal não ultrapassou os 50 m3/h.

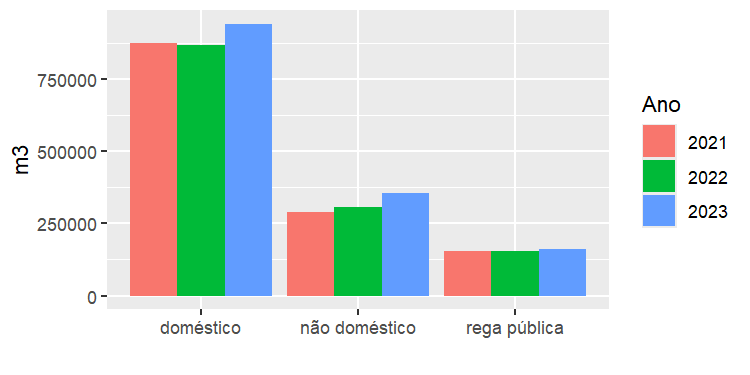
**…e elevada incerteza para o futuro**

Observoiu-se uma tendência de ligeiro crescimento de consumo, nas várias componentes (doméstico, não doméstico e rega pública) no período de 2021 a 2023. (figura #3). É também expectável o crescimento de novos pedidos de ligação, à rede de distribuição de água, com a expansão urbanística, em particular no loteamento VDLIII[[1]](#footnote-1) onde, também, está prevista a construção de uma unidade hoteleira.

Para além da incerteza de futuros consumos, existe a probabilidade de alteração de políticas ou práticas que poderão influenciar os requisitos operacionais da EE, como sejam:

* possíveis restrições no consumo em reposta a períodos de seca hidrológica;
* alteração da política tarifária;
* e/ou possibilidade de reforço do abastecimento pela conduta do litoral.

Qualquer alteração no caudal solicitado, implica uma reavaliação das condições de funcionamento da EE sob o risco de agravar o seu já fraco desempenho.



**Figura #3:** Consumo nas componentes doméstico, não doméstico e rega pública (período 2021-2023)

Uma imagem com texto, captura de ecrã, diagrama, file

Descrição gerada automaticamente

**Figura #2:** Curva de duração: Verde dia de menor consumo (02.01.2023); Laranja: dia de maior consumo (05.08.2023).

Avaliação da situação *Statu Quo*

No quadro #4 é apresentada a avaliação dos grupos eletrobomba para a globalidade do ano 2023 e relativamente a situações extremas de consumo, i.e., os dias de maior consumo e menor consumo (5 de agosto 2023 e 2 de janeiro 2023, respetivamente). Nesta avaliação foi utilizado software disponibilizado pelo LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil).

Da análise do quadro #4 podemos realçar a baixa eficiência energética dos grupos eletrobomba em qualquer dos cenários. De acordo com os valores do indicador E3, é evidente existir desperdício energético sendo o fornecimento de energia mais do dobro do que, teoricamente, necessário.

O melhor desempenho dos grupos eletrobomba ocorre para o dia de maior consumo (quadro #4). Pelo contrário, o dia de menor consumo apresenta os índices de desempenho mais desfavoráveis.

O índice para a globalidade do ano 2023 está mais perto da situação do dia de menor consumo (cenário mais desfavorável no quadro #4). O que significa estarem os grupos eletrobomba mais otimizados para os consumos de pico de verão e não, como seria desejável, para os consumos mais predominantes ao longo do ano.

No período de maior consumo, embora com índice de desempenho mais favorável (quadro #4) para os grupos eletrobomba, outros problemas no desempenho global da EE são notados. A figura #4 indica que, às 05:00h do dia 5 de agosto 2023, 50% dos nós (do modelo hidráulico) apresentavam pressão de serviço inferior a 20 mca[[2]](#footnote-2) (2 bar). Em termos práticos, esta situação compromete seriamente o abastecimento de água aos clientes e a resposta em situação de emergência, como evidenciado durante o combate ao incêndio no dia 13 julho 2022.

Para um melhor entendimento da causa dos problemas da EE é necessária uma abordagem holística em que todos os componentes do sistema devem ser considerados. As explicações para a baixa eficiência da EE podem provir de várias causas, nomeadamente:

* Problemas na capacidade de transporte (perdas por atrito);
* Problemas na seleção da bomba (altura manométrica versus caudal);
* Problemas no sistema de controlo (algoritmo de funcionamento da EE).

Com base nos dados de telegestão e medições efetuadas, com *datalogger* de pressão na EE e na sede da Infralobo, no período de 5 a 11 de junho 2024, algumas inferências podem ser retiradas.

**Quadro #4:** Métricas de avaliação de eficiência no uso de energia para a situação *Statu Quo*1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **MÉTRICAS DE AVALIAÇÃO** | **Ano 2023** | **Dia de maior consumo1** | **Dia de menor consumo1** |
| Energia de bombagem2  [kWh] | 189750 | 653 | 168 |
| Eficiência do bombeamento  [%] | 34% | 59% | 35% |
| Eficiência energética3  [kWh/m3/100m] | 0.79 | 0.46 | 0.79 |
| E1-Energia em excesso por unidade de água entrada no sistema4  [kWh/m3] | 0.20 | 0.14 | 0.25 |
| E2-Energia consumida por volume de consumo autorizado5  [kWh/m3] | 0.31 | 0.27 | 0.16 |
| E3-Rácio de energia fornecida/energia mínima6  [-] | 2.79 | 2.29 | 3.21 |

Notas:

1 Relativo a 2023: Dia de maior consumo 5 agosto; dia de menor consumo 2 janeiro. Volumes bombeados: 943041m3 (2023), 4509 m3 (5 agosto 2023) e 679 m3 (2 janeiro 2023).

2 A energia de bombagem para o ano 2023 foi estimada com base nas horas de funcionamento das bombas, através da formúla:

*Consumo anual= (Potência kW/1000) x (factor médio de carga) x (horas de funcionamento em 2023) e um factor de carga de 0.8*

Para os dias de maior e menor consumo, o valor foi diretamente obtido pela telegestão.

3 Trata-se de um indicador ERSAR que consiste à energia total consumida no período em referência/(volume bombeado X altura manométrica/100). Este indicador corresponde ao inverso da eficiência média de bombeamento do grupo; 100% de rendimento corresponde a 0.27 kWh/(m3x100).

4 O índice E1 traduz o potencial teórico de redução de energia por m3 de água entrada no sistema.

5 O índice E2 corresponde ao rácio da energia total consumida pelo consumo autorizado. Para o cálculo foram consideradas perdas de água de 10%

6 O índice E3 traduz de forma muito direta o número de vezes que a energia fornecida ao sistema é superior à energia mínima teoricamente necessária.

**Quadro #5:** Diâmetro de tubagem versus caudal máximo1

|  |  |
| --- | --- |
| **DIÂMETRO**  **(mm)** | **Caudal**  **(m3/h)** |
| 90 | 14 |
| 150 | 55 |
| 200 | 118 |
| 250 | 215 |
| 300 | 348 |
| 350 | 525 |

Notas:

1 Para uma perda de carga de 10m/km.

Uma imagem com Gráfico, file, captura de ecrã, diagrama

Descrição gerada automaticamente

**Figura #4:** Histograma acumulado da percentagem de nós (ordenadas), do modelo hidráulico, com pressão inferior a determinado valor (abcissa).

1. **Problemas na capacidade de transporte**

A figura #5 apresenta o consumo de energia e pressão à saída da EE em função do caudal bombeado. Salienta-se, da análise de figura #5, o decaimento da pressão para caudais superiores a 200 m3/h, embora o algoritmo do sistema de controlo da EE esteja programado para garantir uma pressão constante à saída da EE, independentemente, do caudal bombeado.

A perda de pressão evidenciada na figura #5 é, em parte, resultante da perda de carga por atrito devido a múltiplos acessórios e curvas de 90o ao longo da tubagem de compressão. A perda de pressão resulta, também, da perda de carga por atrito na tubagem de compressão, causada pelo reduzido diâmetro (150 mm) face aos caudais a transportar. No quadro #5 apresentam-se, como referência, os caudais adequados para uma gama de diâmetros de 150 mm a 300 mm e para uma perda de carga máxima de 10 m/km.

Tomando como referência a informação do quadro #5, o diâmetro de 150 mm satisfaz as necessidades de época baixa (caudal inferior a 50 m3/h) mas, para a época de maior consumo (caudal superior a 250 m3/h), seria necessário uma tubagem de maior diâmetro.

A limitação da capacidade de transporte não deverá ser fator surpreendente se tivermos em conta que a construção civil (incluindo, o diâmetro do orifício de saída da EE de diâmetro 200mm) data dos anos 60, época em que os consumos e área de abrangência da EE eram, claramente, inferiores.

**Uma imagem com captura de ecrã, texto, file, diagrama

Descrição gerada automaticamente**

**Figura #5:** Consumo de energia e pressão à saída da EE, em função do caudal bombeado. Assinaladas as zonas de transição no número de grupos em funcionamento: **Verde** entre 1 ou 2 grupos; **Azul**: entre 2 ou 3 grupos.

1. **Problemas na seleção da bomba**

Os grupos eletrobombas devem funcionar geralmente a caudais entre 70%<BBEP>120%, sendo BEP referente ao ponto de funcionamento [[3]](#footnote-3)mais eficiente do grupo. O que significa que, no caso dos principais grupos eletrobomba da EE, com BEP de 120 m3/h (altura manométrica de 3.4bar), corresponde ao intervalo de 84 m3/h a 240 m3/h.

Para caudais típicos de época de inverno (caudais inferiores a 50 m3/h) os grupos eletrobomba estão sobredimensionados. O ponto de funcionamento do grupo eletrobomba desvia-se para pontos de funcionamento muito ineficientes. Os variadores de frequência instalados tentam reduzir esta perda de eficiência, por sobredimensionamento do grupo, contudo os grupos ainda são, predominantemente, ineficientes em caudais de inverno, a confirmar pelos resultados do quadro #4.

Quando aumenta o consumo os grupos da EE funcionam em paralelo para responder às solicitações. No entanto, este modo de funcionamento acarreta algumas dificuldades para este tipo de EE em que prevalece a perda de carga e não a altura geométrica de elevação. No limite, a entrada em serviço de mais um grupo eletrobomba poderá ser “abafada” pelo grupo já em funcionamento, resultando num aumento do consumo energético sem que ocorra aumento efetivo do caudal bombeado. Está situação poderá ser, parcialmente, acautelada pelo algoritmo do sistema de controlo.

1. **Problemas no sistema de controlo**

O Sistema de controlo pode ser caracterizado como “controlo de pressão por variador de frequência (VSD[[4]](#footnote-4))”. De forma simplificada, existe uma sonda de pressão e um regulador automático, que emite a ordem para, em cada instante, ajustar a velocidade de rotação do grupo eletrobomba de modo a procurar anular o afastamento verificado da pressão sempre que o caudal pedido ao sistema se altera.

A instalação de um sistema automático de variação de velocidade com VSD permitia, em teoria, assegurar a pressão constante, qualquer que seja o caudal pedido ao sistema de distribuição de água.

Para conseguir responder ao caudal solicitado e manter os parâmetros de pressão (pré-fixados pelo algoritmo da telegestão) o sistema permite a entrada em funcionamento de vários grupos eletrobomba em paralelo.

Há combinações de funcionamento já, corretamente, abolidas pelo sistema de controlo como seja o funcionamento do grupo jocker com qualquer dos restantes grupos. A altura manométrica de funcionamento do grupo jocker está compreendida entre 13.3 e 26.9 mca (1.3 e 2.7bar), enquanto a altura manométrica dos restantes grupos, análogos entre si, compreendida entre 23.5 e 41.2 mca (2.4 e 4.1bar). Esta combinação resultaria no aumento do consumo energético sem correspondente aumento de caudal, dado o “abafamento” do grupo de menor altura manométrica (grupo jocker).

No entanto, **há combinações de funcionamento permitidas para os grupos que são particularmente ineficientes**

Para consumos baixos, é igualmente permitido o funcionamento do grupo jocker ou de um outro grupo electrobomba. No entanto, poderia ser mais eficiente ligar o grupo mais pequeno “jocker” (potência de 7.5 kW), em vez de tentar desacelerar, com o VSD, um grupo sobredimensionado de maior potência (15 kW)(ver Quadro#6d). Mas para isso é desejável assumir uma pressão à saída do grupo jocker de 2.4 bar. A jocker está atualmente a ser “empurrada” para funcionar no extremo esquerdo da sua curva (pressão superior a 2.6 bar), i.e., numa zona de baixa eficiência e com possíveis problemas de cavitação para o grupo.

Quando o consumo aumenta, há a tentação de adicionar outros grupos. A adição de mais grupos reduzirá o caudal de cada grupo individual, devido à perda adicional por atrito no sistema, e poderá resultar na baixa eficiência de funcionamento dos grupos individualmente. Esta situação pode ser observada na figura #5. Nas zonas de transição, assinaladas a azul (onde pode funcionar 1 ou 2 grupos) e a verde (onde podem funcionar 2 ou 3 grupos), o consumo energético é muito variável o que sugere que o aumento de funcionamento do número de grupos pode ter impacto no consumo sem vantagem direta para o desempenho da EE. Os quadros #6b) e #6c) permite confirmar que a passagem de 1 para 2 grupos ou de 2 para 3 grupos não se traduz num aumento significativo de caudal bombeado, mas sim, num aumento de consumo energético especifico (energia/m3 bombeado).

Para caudais superiores a 200 m3/h dever-se-ia restringir a entrada do 3º grupo em funcionamento. Da análise da figura #6, podemos observar que para caudais inferiores a 200 m3/h a pressão à saída do grupo eletrobomba 3 (a vermelho) e a pressão à saída do grupo análogo número 1 (a azul) são análogas. No entanto, para caudais superiores a 200 m3/h a diferença de pressão à saída dos grupos é marcante, apresentando o grupo 1 maior pressão. A explicação para esta diferença à saída dos grupos recaí no aumento de perdas por atrito nas tubagens, o que beneficia o grupo mais perto da saída (grupo 3) comparativamente ao grupo mais afastado (grupo 1), exigindo deste último maior esforço (i.e. pressão) à saída.

A limitação da capacidade de transporte da tubagem, e consequente aumento de perdas de carga por atrito com o aumento de caudal, têm como consequência que o terceiro grupo a entrar somente irá consumir energia sem que consiga repor a pressão fixada de saída da EE. Assim é preferível, do ponto de vista de redução do consumo energético, impedir a entrada em funcionamento do terceiro grupo e não contrariar a queda de pressão de saída da EE (quadro #6a). Os dois grupos em funcionamento irão deslocar o ponto de funcionamento para a direita para conseguir bombear, em conjunto, o caudal requerido. De referir que, no período de medições de 05 a 11 de junho 2024, o funcionamento com 3 grupos em simultâneo ocorreu durante 54% do período referido.

Uma imagem com Gráfico, captura de ecrã, file, texto

Descrição gerada automaticamente

**Figura #6:** Pressão à saída do grupo eletrobomba. **Azul** grupo 1; Vermelho: grupo 3

Recomendações e trabalhos futuros

Considerando a EE como um todo, destaca-se a ausência de “harmonia” entre os vários componentes que não se encaixam entre si.

O grupo jocker não se adequa à gama de pressão fixada pelo algoritmo do sistema de controlo e desejável para a atual ZMC8 (entre 2.4 e 2.8 bar). Os restantes grupos eletrobomba, de maior potência, não se enquadram aos caudais requeridos, em particular para os caudais de época baixa. Pelo contrário, os diâmetros das tubagens não são apropriados para os caudais requeridos em época de maior consumo. Por último, o sistema de controlo ignora o desempenho dos restantes componentes e tenta impor objetivos irrealistas de funcionamento da EE.

Não há qualquer dúvida que a EE deve ser intervencionada. Mas, qualquer intervenção a fazer na EE requer que se considerem TODOS OS COMPONENTES.

A “otimização” de um único componente pode resultar num baixo desempenho da EE. Por exemplo, o desvio de parte (ou da globalidade) do caudal da atual ZMC8 para o sistema do litoral poderá ter como consequência a redução da rotação dos grupos (imposta pelo VDS) para patamares pouco eficientes que podem, inclusive, causar cavitação por baixo caudal e falha no funcionamento por aumento de temperatura dos grupos.

O aumento do diâmetro da tubagem aumenta a sua capacidade de transporte o que reduz o atrito e, como tal, a pressão à saída do grupo, podendo deslocar o ponto de funcionamento do grupo para o extremo direito da curva com problemas de cavitação para o grupo.

O correto dimensionamento da EE é, por motivos de sazonalidade de consumo, um desafio. É, obviamente, importante que o sistema, como um todo, possa responder ao caudal máximo solicitado com uma eficiência decente mas, do ponto de vista económico, é mais importante que o sistema seja otimizado para os caudais mais frequentemente solicitados.

**Qualquer alteração a fazer para otimizar eficiência da EE pressupõe a** **definição prévia dos limites da zona de abastecimento**. Somente assim será possível estimar, com um adequado grau de precisão, o caudal e pressão a solicitar à EE.

De salientar a importância da clarificação sobre a possível ligação, total ou parcial, à conduta do litoral da atual ZMC8. Esta solução tem vantagens técnicas inquestionáveis (objeto de futuro relatório) permitindo, sem investimentos adicionais, resolver, entre outros, os atuais problemas de capacidade de reserva no reservatório principal, os constrangimentos de pressão em época de verão e os problemas de qualidade da água em época baixa. Contudo, a alteração da ZMC8 implica um novo ponto de funcionamento dos grupos eletrobomba e obriga, provavelmente, à substituição dos atuais grupos que poderão apresentar dificuldade em responder às novas solicitações de caudal e pressão.

Seguidamente são elencados vários tipos de possíveis investimentos, considerando a sua rapidez de execução e/ou necessidade de maior investimento.

**Investimentos a curto prazo…**

* Alteração do sistema de controlo

A alteração do sistema de controlo por forma a evitar combinações inapropriadas que se traduzem no aumento de consumo de energia.

**…investimentos a médio/longo prazo…**

* Redução de perdas

Considerando, por hipótese, um índice de perdas de 10% significa que o consumo energético associado às perdas de água representam, igualmente, 10% da energia fornecida ao sistema (18 975kWh para 2023).

**… outros investimentos a médio/longo prazo de capital intensivo**

Para este tipo de investimentos (capital intensivo), recomenda-se a contratação de serviços especializados, incluindo a realização de trabalhos de campo para conhecer, com um grau de confiança, a curva da instalação. Incluídos neste tipo de investimento destacam-se:

* Alteração do diâmetro da tubagem de compressão e, simultânea, reconfiguração do traçado da tubagem (usando curvas com ângulo de 450 em vez dos 900 atuais). A incluir obras de construção civil para alteração do orifício de saída da EE (diâmetro de 200 mm);
* Substituição dos grupos eletrobomba (equipamento data de 2020) por grupos que possam operar, normalmente, perto do seu ponto máximo de eficiência (BEP);
* Avaliação, numa perspetiva de custo de ciclo de vida, se não será mais vantajoso um(uns) grupo(s) para caudal máximo e outro(s) grupo(s) para caudais médios.

**Assuntos com impacto no caudal requerido à EE e que deverão ser observados**

* Alteração do padrão de consumo dos clientes;
* redução de consumo por alteração de espaços verdes da Infralobo;
* alteração do sistema (tarifário bi-horário ou tarifário sazonal).



1. Em agosto de 2023, no loteamento VDL III (zona de abastecimento ZMC5) e para um parque de contadores instalado de 100 contadores em lotes exclusivamente residenciais, registou-se um consumo global mensal de 10524 m3, equivalente ao consumo de 3.5 m3/ dia/ lote. [↑](#footnote-ref-1)
2. O Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de agosto, fixa como pressão mínima de serviço 18 mca para alojamentos com dois pisos e 14 mca para alojamentos de um único piso. [↑](#footnote-ref-2)
3. O ponto de funcionamento de um grupo corresponde ao ponto de interceção da pressão com o caudal. [↑](#footnote-ref-3)
4. VDS: Variable speed drive [↑](#footnote-ref-4)