

AS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DO SUB-SISTEMA DE PEDROGÃO (EFMA)

Autores:

Alexandra BRAGA DE CARVALHO

Eng.ª Agrícola, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100, acarvalho@edia.pt

Jorge VAZQUEZ

Eng. Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100, jvazquez@edia.pt

José COSTA MIRANDA

Eng. Civil, EDIA, Rua Zeca Afonso, 2 7800-522 Beja, 284315100, josecostamiranda@gmail.pt

Resumo:

Na presente comunicação começa-se por se apresentar as principais características do Sub-sistema de Pedrogão e a evolução verificada nos respectivos pressupostos de base, sendo referenciadas sinteticamente as principais modificações que foram introduzidas no âmbito dos diversos circuitos hidráulicos do Sub-sistema, visando, na comunicação, integrar e localizar as Estações Elevatórias em equação. De seguida, caracteriza-se cada uma destas estações elevatórias e apresentam-se e discutem-se os aspectos mais relevantes associados aos critérios de escolha do tipo de estação e de grupo, apontando-se algumas questões específicas mais importantes para o bom desempenho e a garantia da eficiência energética destas infra-estruturas hidráulicas.

Palavra-chave: estação elevatória, bombas, circuito hidráulico, eficiência.

Abstract:

This article presents the main characteristics of Pedrogão Sub-system and the evolution of its base assumptions through time, briefly describing the main changes introduced in its several hydraulic circuits, illustrating also the location and integration of the subsystem's pumping stations. Following, the pumping stations are characterized and the most relevant aspects associated to the choice criteria of the type of pumping station and group installed are discussed, pointing out some questions which were relevant in order to assure a good performance and energy efficiency of these hydraulic infra-structures.

Keywords: pumping stations, hydraulic circuit, efficiency.

1 INTRODUÇÃO

O Sub-sistema de Pedrógão, que é parte integrante do Empreendimento de Fins Múltiplos do Alqueva (EFMA), tem a sua principal origem de água na Albufeira de Pedrógão (NPA – 84,80) e visa, essencialmente, efectuar a rega de uma área útil de cerca de 24 000 ha – área essa que se localiza na bacia hidrográfica do Guadiana, margem direita, sensivelmente entre a Serra de Portel e um alinhamento definido por Vidigueira/Beja/ Salvada (Figura 1)

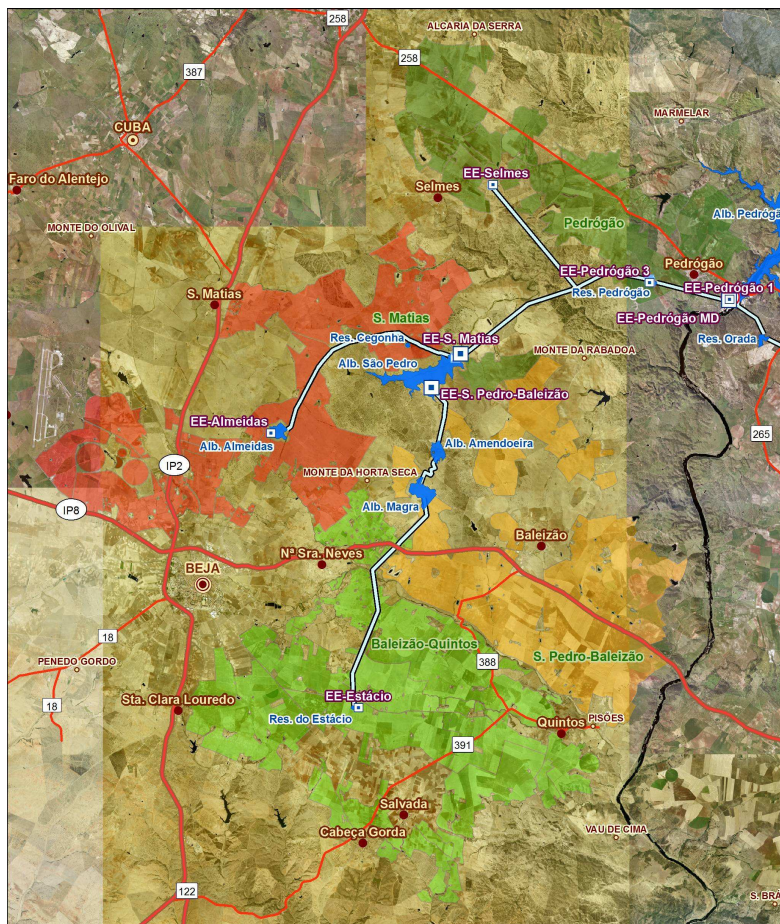


Figura 1- Subsistema de Pedrógão (Projecto 2010)

A delimitação da área a regar e a definição das principais infra-estruturas a construir, efectuada no âmbito do Estudo Prévio (1996) elegia uma área de intervenção com cerca de 21000 ha e apontava três circuitos hidráulicos principais (Pedrógão, S. Pedro e S. Matias) e uma plêiade de 15 “áreas de rega”, servidas por um conjunto numeroso de estações elevatórias secundárias.

A evolução verificada nos cenários da possível ocupação cultural, nas tecnologias de regadio e na infra-estruturação dos terrenos, a consideração de novos condicionamentos ambientais (designadamente, com a criação da ZPE Cuba-Piçarras) e de novas regras de exploração e, ainda, a conveniência de integrar áreas marginais ao Guadiana (que actualmente são servidas por captações directas no troço do Guadiana, imediatamente a jusante de Pedrógão) e outras áreas

limitrofes (que levaram a uma área total beneficiada de cerca de 24000 ha) e a necessária ponderação aprofundada dos custos energéticos associados, implicaram o reequacionamento de algumas das características deste Sub-sistema e a revisão das soluções encontradas para os seus circuitos hidráulicos fundamentais.

Neste contexto, as estações elevatórias adquirem, quer pelos elevados investimentos iniciais de instalação inerentes mas, sobretudo pelos encargos permanentes de exploração associados, importância dominante, pelo que as soluções encontradas e seleccionadas para estas grandes infra-estruturas elevatórias exigem uma ponderação devidamente sustentada.

Assim sendo, faz-se nos dois pontos seguintes uma síntese de enquadramento das principais questões e soluções encontradas que levaram à adopção dos circuitos hidráulicos em equação e descrevem-se resumidamente estes circuitos, visando também integrar e localizar nestes as estações elevatórias deste Sub-sistema.

Seguidamente, caracteriza-se cada uma das estações elevatórias, apresentam-se os critérios de escolha mais substantivos assumidos para cada uma delas e referem-se alguns aspectos mais específicos nalgumas das situações tratadas, para, por último, tecer algumas considerações finais de síntese relativamente ao leque de situações e problemáticas analisadas.

2 PRINCIPAIS ASPECTOS EQUACIONADOS E SOLUÇÕES ENCONTRADAS

O Sub-sistema de Pedrógão, no âmbito do desenvolvimento e pormenorização dos Projectos respectivos, foi alvo de um conjunto de iterações, visando a sua optimização técnico-económica e a sua adequação à efectiva realidade da área a ser beneficiada que alteraram sensivelmente as soluções inicialmente previstas. Dos aspectos equacionados e das soluções encontradas há a destacar os seguintes itens:

- i) Ocupação cultural – no que se refere à ocupação cultural e ao mapeamento dos terrenos com aptidão para as diversas culturas, vem se constatando a necessidade de ponderar o incremento sensível de áreas já ocupadas com olival (que implicam, também a óbvia consideração de terrenos menos habilitados, onde esta cultura pode ser praticada com sucesso). Este facto levou a que fosse considerada uma rotação nos projectos, que incluía de 30% de olival e 70 % de rotação com culturas anuais;
- ii) Dotações - a evolução da ocupação cultural, supra-citada, implicou a necessidade de uma ponderação do valor da dotação média a considerar, tendo levado a adopção de valores inferiores aos iniciais - 5 950 m³/ ha/ano, em ano médio e de 6 900 m³/ ha/ano, em ano seco – ponderação esta que teve ainda em consideração as tendências de evolução actual e a natural incerteza relativamente à situação a longo prazo;
- iii) Áreas adicionais - na periferia dos blocos, procedeu-se a uma aferição junto dos proprietários destas áreas do interesse de serem beneficiadas no sentido de uma melhor rentabilização da rede de adução e distribuição, e também para ir, tanto quanto fosse viável, ao encontro de expectativas dos agricultores interessados. Foi, assim, possível sem alteração da rede primária incluir algumas áreas marginais ao Guadiana, que se pretendia beneficiar a partir de captações

directas no Rio, e integrar algumas outras áreas com declive desfavorável e aptidão moderada, mas já com ocupação de olival;

iv) Infra-estruturação actual - na área em estudo e, refira-se, em boa parte da área interessada pelo EFMA, tem-se constatado que, sobretudo, ao nível das grandes propriedades, existe já um conjunto de infra-estruturas, por vezes com alguma complexidade e dimensão, que lhe permite uma disponibilidade de água já significativa em anos favoráveis. Este aspecto tem naturalmente de ser equacionado no balanço hídrico e levou a que se procurasse soluções que dotassem o sistema da flexibilidade necessária ao atendimento de um pedido que, à data, não pode ser regado com a fiabilidade desejada;

v) Faseamento - na linha do explicitado no item anterior, foi assumido que em algumas estações elevatórias se procederia ao faseamento da instalação dos grupos electro-bomba, possibilitando a aferição ulterior, face à real situação/evolução constatada;

vi) Infra-estruturas de regularização - foi aumentada, sensivelmente, a capacidade de regularização do sistema, seja para permitir amortecer as pontas do pedido, seja de modo a satisfazer pedidos localizados e moderados, através do volume armazenado nessas infra-estruturas e sem recurso a novos arranques das grandes estações ;

vii) Abastecimento em alta e baixa pressão - a consideração do fornecimento em baixa pressão à grande propriedade, sempre que possível, possibilitou a redução significativa do balanço energético, mantendo-se apenas 20% da área, com fornecimento em alta pressão;

viii) Caudal, altura de elevação e potência nominais das estações elevatórias - através da diminuição das dotações e da regularização dos caudais de ponta foi possível diminuir sensivelmente os caudais nominais das EE. Conseguiu-se também reduzir, em boa parte dos casos em cerca de 10%, as alturas geométricas de elevação, o que globalmente possibilitou uma diminuição sensível das potências instaladas – aspecto crucial no que concerne aos investimentos iniciais, mas sobretudo nos encargos de exploração;

ix) Optimização do lay-out dos circuitos hidráulicos - através da redução dos caudais de adução e pela revisão do traçado, reduziu-se a secção e o desenvolvimento dos adutores, tendo-se anulado a maior parte dos trechos em canal e diminuindo, pois, os custos de infra-estruturação;

x) Condicionantes e impactes ambientais - foram devidamente atendidas as preocupações ambientais, tendo sido possível compatibilizar as condicionantes inerentes à ZPE (que afectaram sensivelmente o bloco de S. Matias) e minimizar as captações directas no Guadiana, integrando as áreas a beneficiar por estas;

xi) Optimização técnica-económica – através de uma ponderação integrada levada a cabo com a valiosa e imprescindível contribuição dos diversos Projectistas intervenientes, foi possível otimizar sensivelmente as diversas infra-estruturas dos circuitos hidráulicos em estudo, permitindo ainda um acréscimo de área a ser beneficiada de cerca de 17%. Embora os estudos iniciais gerais, conduzam habitualmente a estimativas por defeito, para o Sub-sistema do

Pedrógão, reduziu-se globalmente sua estimativa em cerca de 10%. Pode-se ainda afirmar que se terá conseguido uma economia significativa nos encargos energéticos associados à exploração.

Apresenta-se na Figura 2, o esquema altimétrico do Sub-sistema de Pedrógão que traduz as várias cotas de implantação das infra-estruturas primárias e dos respectivos blocos de rega e onde são bem explícitas as difíceis condições altimétricas deste Sub-sistema - a que acresce o facto de não possuir recursos hídricos endógenos significativos ou a cotas interessantes o que agrava os inerentes gastos com energia.

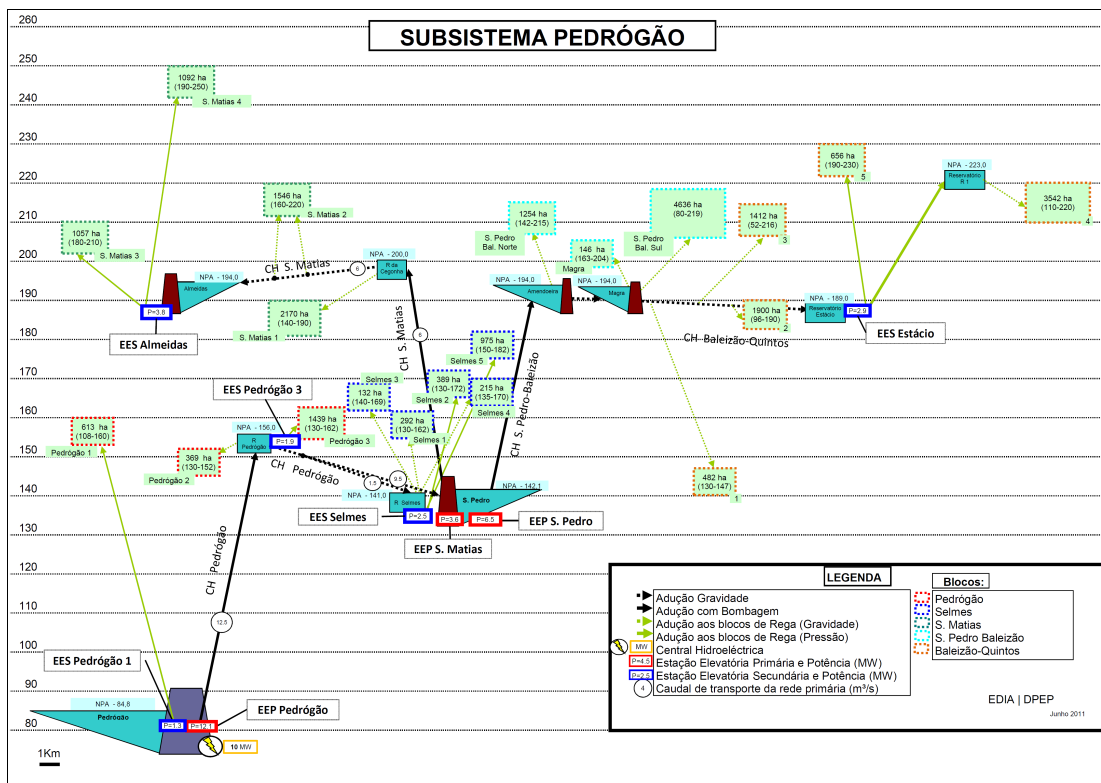


Figura 2 – Sub-sistema de Pedrógão. Esquema Altimétrico

3 BREVE DESCRIÇÃO DO CIRCUITO HIDRÁULICO DO SUB-SISTEMA DE PEDRÓGÃO

No desenvolvimento da elaboração dos Projectos das infra-estruturas do Sub-sistema, previu-se que para servir esta área do EFMA (24473 ha) deverá ser construído um vasto conjunto de órgãos hidráulicos, que agora se encontram agrupados em quatro circuitos, integrando diversas estações elevatórias primárias e secundárias, os quais se apresentam resumidamente.

3.1 Circuito Hidráulico de Pedrógão

Este circuito que integra a tomada de água na albufeira da barragem de Pedrógão que é a origem de água de todo o Sub-sistema, permitirá o benefício de 4661 ha (dos quais 3385 ha, em alta pressão, e 1276 ha, em baixa pressão).

Os estudos efectuados permitiram diminuir o caudal de Projecto da Estação Elevatória principal (EE. de Pedrógão que eleva os caudais para o reservatório do mesmo nome) - passando-o de 17 m³/s para 12,5 m³/s., sendo que ao lado desta estação, servindo directamente e com percurso optimizado uma área específica, ficará a E.E. de Pedrógão 1 (com um caudal nominal de 0,64m³/s).

Esta estação elevatória primária, com seis grupos situa-se imediatamente a jusante da Barragem de Pedrógão e eleva os caudais necessários ao abastecimento das áreas a beneficiar pelo subsistema de Pedrógão (cerca de 24000 ha)

O reservatório de Pedrógão foi, na solução final, projectado em linha, possibilitando função de regularização para a rede primária e a rede secundária. Por outro lado, a escolha criteriosa do local de barragem e a subida das cotas de exploração da albufeira da barragem de S. Pedro, permitiram diminuir as alturas de elevação das EEs dos circuitos hidráulicos a jusante, mantendo-se a ordem de grandeza do volume útil.

Ao longo do circuito, bombeando directamente para a rede de rega e imediatamente a jusante de armazenamentos de regularização criados para o efeito, existem mais duas Estações Elevatórias, a EE de Pedrógão 3 (implantada no reservatório de Pedrógão) e a EE de Selmes (jusante do Reservatório de Selmes).

Os caudais de dimensionamento das infra-estruturas de transporte - que no Estudo Prévio, se projectaram em canal e que no Projecto passaram, na maior parte dos troços, para conduta - diminuiram-se sensivelmente, melhorando a eficiência de transporte e, ainda, causando menor impacte ambiental.

3.2 Circuito Hidráulico de S. Matias

Na sequência da delimitação regulamentar da ZPE de Cuba-Piçarras (Fev.2008), parte significativa da área a integrar no Bloco de S. Matias ficou limitada, tendo a EDIA procedido a uma ponderação e reconhecimento prévio de zonas limítrofes que permitiu encontrar outras áreas adjacentes passíveis de ser objecto de beneficiação, o que levou à redefinição do bloco - Fig. 4 - que permitiu, na sua nova configuração, beneficiar 5 865 ha (1092 ha, são em alta pressão e 4773 ha, em baixa pressão).

As infra-estruturas de adução tiveram também de ser alteradas em consonância e de modo a que não interferissem com a ZPE. Este circuito foi totalmente revisto, não só no seu traçado - devido à alteração substantiva das áreas a regar - mas, sobretudo, visando a optimização hidráulica e energética do bloco.

Assim, este circuito hidráulico inicia-se na Estação Elevatória de S. Matias, estação de pé de barragem de S.Pedro que permite a elevação para o reservatório da Cegonha cujo NPA foi ligeiramente descido, para minimizar encargos energéticos de elevação. No final do circuito primário,

nas cabeceiras de uma linha de água e aproveitando um pequeno vale a cotas altas, foi criada uma nova barragem (barragem dos Almeidas), onde será instalada a Estação Elevatória dos Almeidas que fornecerá água em pressão á zona de pequena propriedade e, também, água em baixa pressão ás zonas de grande propriedade. No percurso da adução á albufeira das Almeidas serão fornecidos caudais, em baixa pressão, às áreas adjacentes ao adutor, eliminando-se as estações elevatórias para pressurizar a rede secundária, diminuindo assim os custos de investimento e de exploração.

Neste circuito, embora se tenha aumentado a área a regar em cerca de 17%, também se diminuiu o caudal de dimensionamento e a altura de elevação da EE principal.

3.3 Circuito Hidráulico de S. Pedro-Baleizão

Este circuito hidráulico permite beneficiar 5 895 ha, em baixa pressão e inicia-se na tomada de água da Estação Elevatória de S. Pedro, Esta estação que é a única do bloco, será localizada na margem direita da albufeira, alterando assim a sua localização inicial - que era no pé de jusante da barragem de S. Pedro e possibilitando uma importante redução de comprimento da conduta de elevação. O caudal e a altura nominais da estação elevatória foram também reduzidos (tendo o caudal nominal passado de 14 para 8,5 m³/s).

Para além destas alterações, a jusante, utilizando dois pequenos vales a cotas altas, foram criadas duas albufeiras, que funcionam em vasos comunicantes e estão alinhadas com o traçado do circuito de adução, encurtando-o sensivelmente, permitindo a regularização do caudal de bombagem e o do fornecimento de água à rede secundária. A barragem de montante (Amendoeira) para além de receber os caudais elevados da E.E. de S. Pedro vai ser origem de água para rega, em baixa pressão, de toda a zona perto do Guadiana (que atrás foi referenciada, prevenindo captações a jusante de Pedrógão) e a albufeira de jusante (Magra) vai permitir regar uma vasta área em baixa pressão, pois a sua localização a cotas elevadas assim o permite - eliminando a construção de vários reservatórios e estações elevatórias e diminuindo os custos de investimento e de exploração.

3.4 Circuito Hidráulico de Baleizão-Quintos

Este circuito hidráulico – que serve as áreas mais afastadas da origem de água e que se situam, na generalidade a cotas altas, que permite beneficiar 8000 ha, dos quais 4100 ha são beneficiados com recurso a uma EE secundária e os restantes são abastecidos graviticamente. A rede secundária, que na sua maior parte passou de alta pressão a baixa pressão, em relação ao Estudo Prévio, pois foram eliminados vários reservatórios e estações elevatórias, diminuindo os investimentos e os encargos de exploração.

O caudal de dimensionamento da rede primária também baixou consideravelmente, diminuindo, assim, o custo de investimento. O adutor principal - que tem derivações para adução gravítica - dispõe no seu final de uma Estação Elevatória Primária (EE do Estácio) que eleva, em parte, directamente para a rede e, em parte, para um reservatório a partir do qual se desenvolve a restante rede secundária.

4 AS ESTAÇÕES ELEVATÓRIAS DO SUB-SISTEMA.

Neste ponto faz-se a caracterização sintética de cada uma das estações elevatórias do subsistema, explicitando-se alguns argumentos mais substantivos que estiveram na base das opções tomadas e referindo-se aspectos mais específicos nalguns dos casos tratados. Para melhor enquadramento de cada situação, sistematiza-se a apresentação das estações por circuito hidráulico.

4.1 Estações Elevatórias do C. H. de Pedrógão

A Estação Elevatória principal deste circuito e do Sub-sistema – E.E. de Pedrógão Margem Direita - eleva o caudal de $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$, da albufeira de Pedrógão para o reservatório do mesmo nome (tendo uma altura de elevação de 81 m e uma potência global de 12 MW),

Esta estação elevatória primária está equipada com seis grupos centrífugos de evoluta dupla e eixo vertical com um caudal de dimensionamento de $2,083 \text{ m}^3/\text{s}$. A selecção do tipo de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação (tipo de grupo) e às limitações de espaço existentes no local de implantação (eixo vertical) – Figuras 3, 4 e 5. Todos os grupos estão equipados com arrancadores progressivos.

Dada a relativamente lenta evolução espectável dos volumes a elevar, numa 1ª fase serão instalados unicamente 3 grupos.

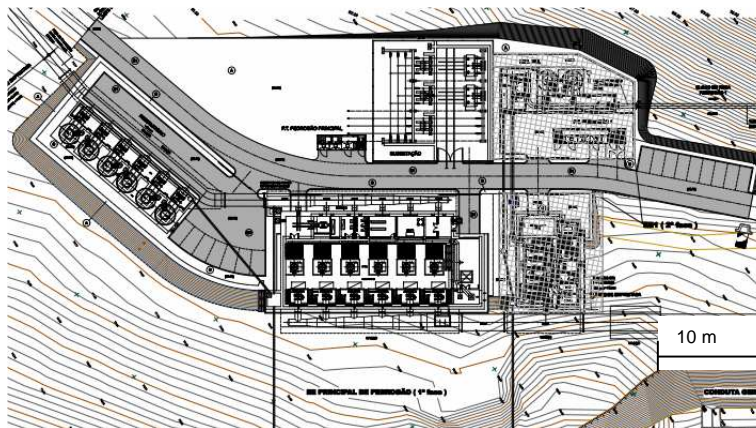


Figura 3 - EE do Pedrógão Margem Direita e da EE Pedrógão 1. Implantação

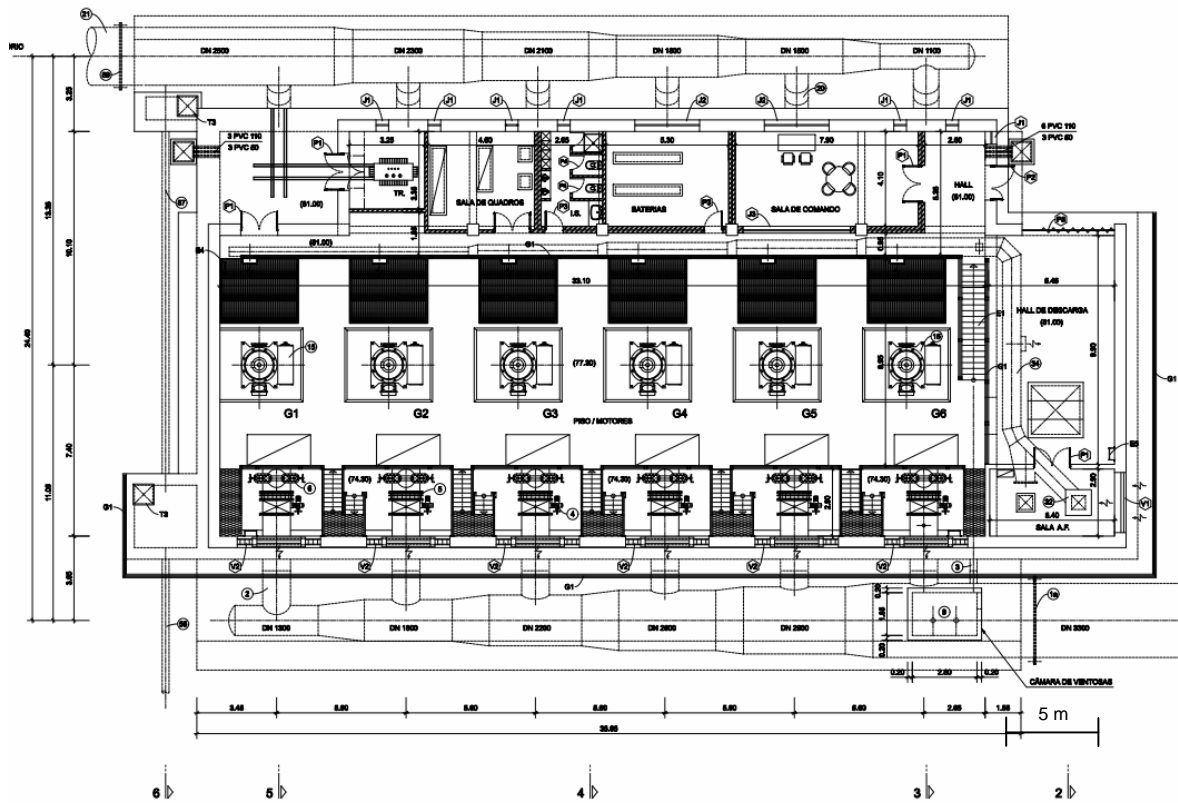


Figura 4 - Estação Elevatória de Pedrógão M. Direita. Corte Longitudinal

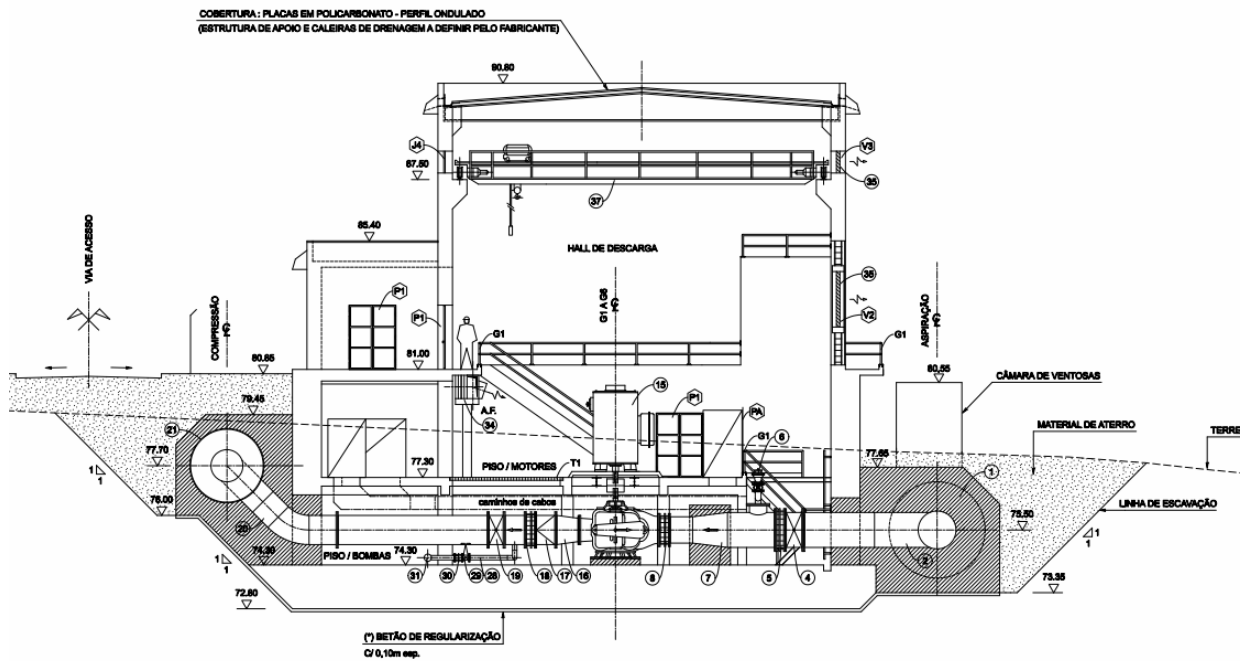


Figura 5 - Estação Elevatória de Pedrógão M. Direita. Cortes Transversal

O numero de grupos adoptado deveu-se à relação entre:

1. os caudais previstos actualmente e no ano de horizonte de projecto;
2. ao faseamento efectuado (inicialmente instalaram-se só metade dos grupos previstos);
3. à relação entre as necessidades do mês de maior consumo e as necessidades dos restantes meses.

Ao lado desta estação (Estação Elevatória de Pedrógão M. Direita), servindo directamente o Bloco de Pedrógão I (cerca de 600 ha), ficará a EE de Pedrógão 1, que tem um caudal nominal de $0,64\text{m}^3/\text{s}$ e que bomba da albufeira de Pedrógão directamente para a rede. A máxima altura de elevação destes grupos é de 113 m e a potência total instalada é de 1,2 MW

A localização desta EE, (junto à EE primária) permitiu a optimização do traçado da rede de rega e a minimização da altura de elevação e, naturalmente, ainda, a diminuição caudal de dimensionamento do circuito primário.

Esta estação elevatória secundária, está equipada com seis grupos centrífugos de roda múltipla (4 andares), evoluta simples e eixo vertical. A selecção do tipo de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação (tipo de grupo) e às limitações de espaço existentes no local de implantação (eixo vertical) – Figura 6.

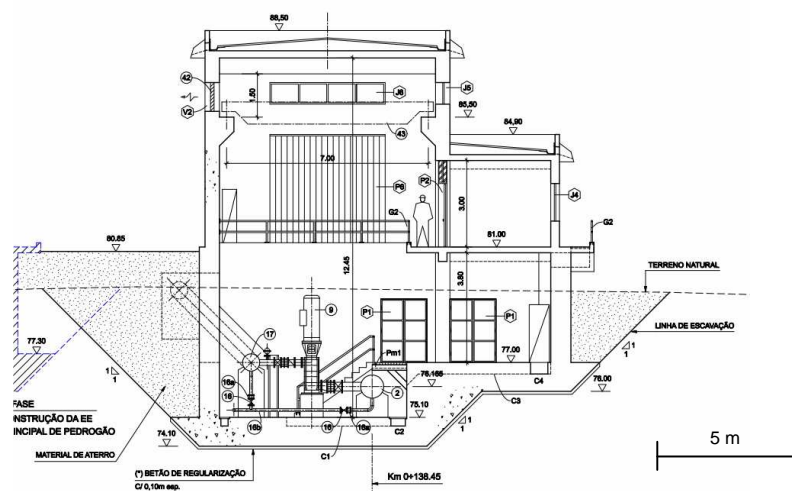


Figura 6 – Estação Elevatória de Pedrógão 1. Corte Transversal

Também nesta estação se previu uma 1ª fase de implementação do equipamento de bombagem, em que se instalou 3 grupos, dois dos quais com velocidade fixa e um com variador de velocidade (proporção que se manterá nos grupos a instalar na 2ª fase).

A EE de Pedrógão 3, que se encontra implantada no reservatório de Pedrógão e serve directamente o Bloco de Pedrógão III (cerca de 1430 ha), tem um caudal nominal de 1,65 m³/s. A máxima altura de elevação destes grupos é de 70 m e a potência total instalada é de 1,9 MW.

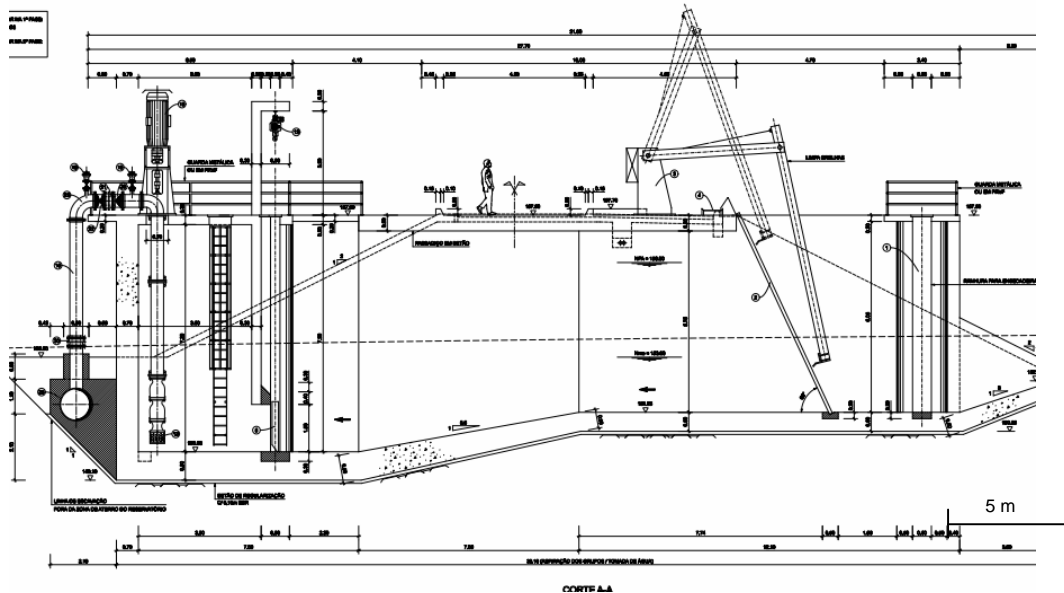


Figura 7- Estação Elevatória de Pedrógão 3 .Corte Longitudinal

Serão instalados 5 grupos principais (dois de velocidade variável) com um caudal de dimensionamento de 0,330 m³/s e 2 grupos auxiliares (ambos de velocidade variável) com um caudal de dimensionamento de 0,165 m³/s. Na 1ª Fase (objecto da presente Empreitada) serão instalados 3 grupos principais (2 de velocidade variável) e os 2 grupos auxiliares. Com esta concepção garante-se cerca de 80% do caudal de dimensionamento.

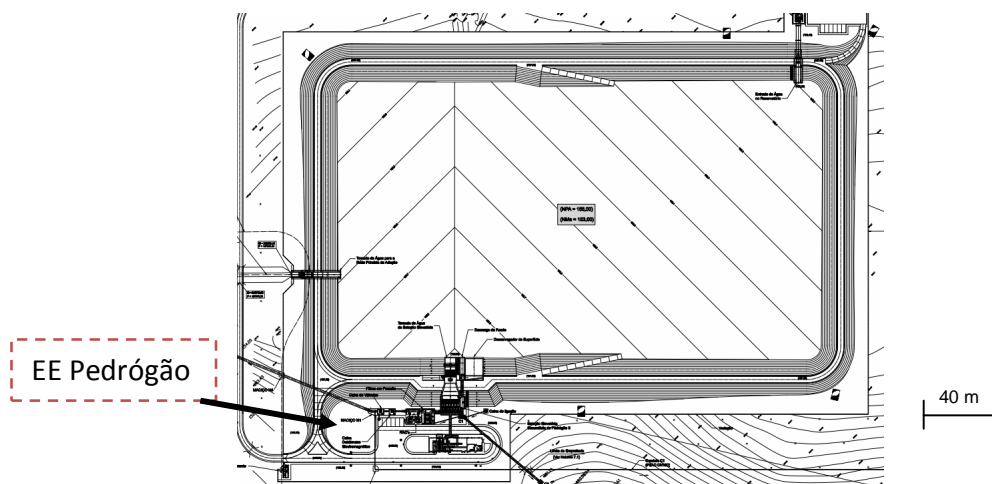


Figura 8 - Reservatório de Pedrógão e respectiva Estação Elevatória (EE Pedrógão 3)

Esta estação elevatória secundária, está equipada com quatro (5+2) grupos centrífugos de eixo vertical. Optou-se tanto para os grupos principais como para os auxiliares, por este tipo de grupos

submersos de coluna vertical, do tipo de custo mais baixo de utilização durante o ciclo de vida útil, devido ao seu elevado grau de optimização, padronização e robotização no fabrico, inclusive com a diminuição de custos globais em virtude dos menores custos de construção civil agregados.

Dada a localização prevista para a Estação, decidiu-se que esta seria dotada de uma sistema de limpeza automática da grelha de entrada e que os equipamentos eléctricos ficariam instalados em local distinto dos equipamentos mecânicos. Face a esta concepção de base previu-se que os equipamentos mecânicos seriam instalados a “céu aberto” e os equipamentos eléctricos em edifício próprio.

A EE de Selmes, que se encontra implantada a jusante do Reservatório de Selmes, serve directamente o Bloco de mesmo nome (cerca de 1359 ha). Nesta estação elevatória secundária, devido à diferença de estrutura cadastral (zonas com pequena propriedade e zonas de grande propriedade) e topográfica, da área servida, previu-se a existência de dois patamares de bombagem distintos. O primeiro andar de bombagem (Selmes 2), serve área essencialmente de grande propriedade e tem um caudal nominal de 0,52 m³/s, a máxima altura de elevação de 70 m. O segundo andar (Selmes 5), serve área essencialmente de pequena propriedade e tem um caudal nominal de 1,2 m³/s, a máxima altura de elevação de 90 m. A potência total instalada é de 2,5 MW.

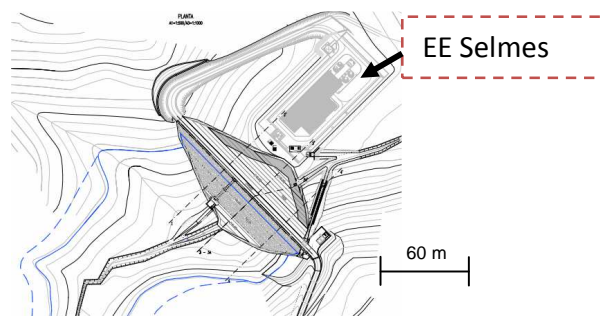


Figura 9 - Barragem e Estação Elevatória de Selmes

Esta estação, de concepção um pouco mais tradicional, encontra-se equipada em ambos os andares com grupos com bombas centrífugas de eixo horizontal (que permitem bombear os caudais de dimensionamento) complementadas por grupos verticais com capacidade total igual a um dos restantes grupos (os quais vão funcionar como “Joker” face aos restantes).

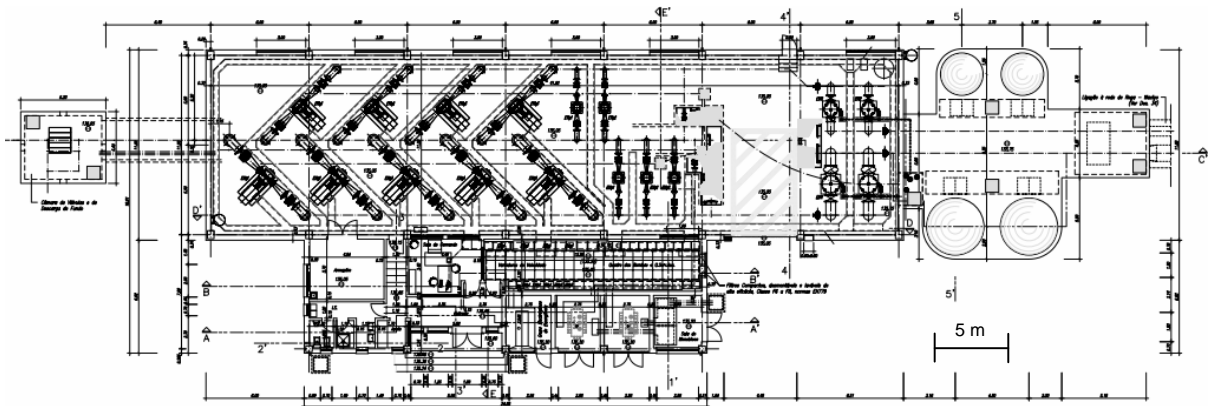


Figura 10 - Estação Elevatória de Selmes .Planta

Assim, no primeiro andar de bombagem (Selmes 2) instalaram-se 4 grupos com bombas centrífugas de eixo horizontal ($0,13 \text{ m}^3/\text{s}$), sendo 2 destes com velocidade variável, complementadas por dois grupos verticais ($0,04 \text{ m}^3/\text{s}$) também com velocidade variável. No segundo andar de bombagem (Selmes 5) instalaram-se 5 grupos com bombas centrífugas de eixo horizontal ($0,24 \text{ m}^3/\text{s}$), dois dos quais com velocidade variável, complementadas por três grupos verticais ($0,05 \text{ m}^3/\text{s}$), todos de velocidade variável.

No estabelecimento do número de grupos principais também a:

1. os caudais previstos actualmente e no ano de horizonte de projecto;
2. ao faseamento efectuado (instalou-se agora só metade dos grupos previstos);
3. à relação entre as necessidades do mês de maior consumo e as necessidades dos restantes meses;

sendo que o estabelecimento do número de grupos secundário foi feito de modo a utilizar grupos semelhantes nos dois andares.

4.2 Estações Elevatórias do C.H. de S.Matias

Tal como já atrás referido, este circuito hidráulico inicia-se na Estação Elevatória de S.Matias, que se encontra implantada junto ao pé de barragem de S.Pedro e que permite a elevação dos caudais necessários à rega dos Sub-blocos S. Matias 1 a 4 (6035 ha), para o reservatório da Cegonha.

Esta estação elevatória primária está equipada com seis grupos centrífugos de voluta bipartida e eixo horizontal. A selecção do tipo e o número de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação e à disponibilidade de grupos para se obter um bom rendimento na sua operação – Figura 11 e 12.

Esta estação que tem um único patamar de bombagem, tem um caudal nominal de $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ e a máxima altura de elevação de 65 m, sendo a potência total instalada de 3,6 MW.

O número de grupos adoptado deve-se à conveniência de obter bombas com caudal unitário facilmente satisfeito pelo “mercado” ($0,75 \text{ m}^3/\text{s}$) e em virtude da repartição adoptada considerou-se

aceitável a não existência de grupo de reserva (se qualquer grupo não funcionar fica unicamente prejudicada a hipótese de se fornecer 1/6 (~16%) do caudal requerido no mês de maior consumo do ano crítico).

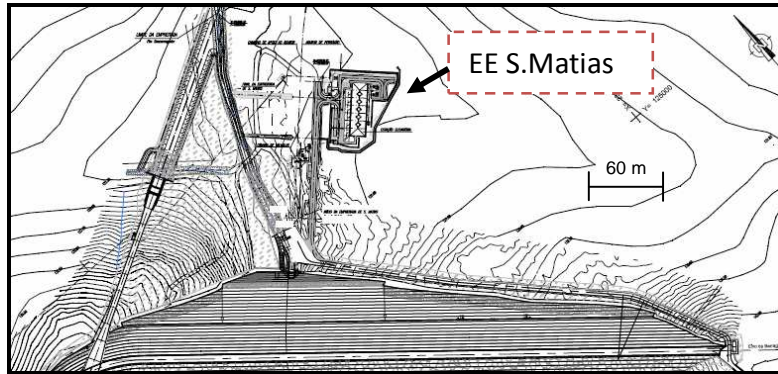


Figura 11 - Estação Elevatória de S. Matias. Implantação

Foi assumido o faseamento da EE, tendo sido considerado na 1ª fase a instalação de 3 unidades duas das quais com velocidade variável, prevendo-se em 2ª fase a instalação dos restantes grupos, todos com velocidade fixa.

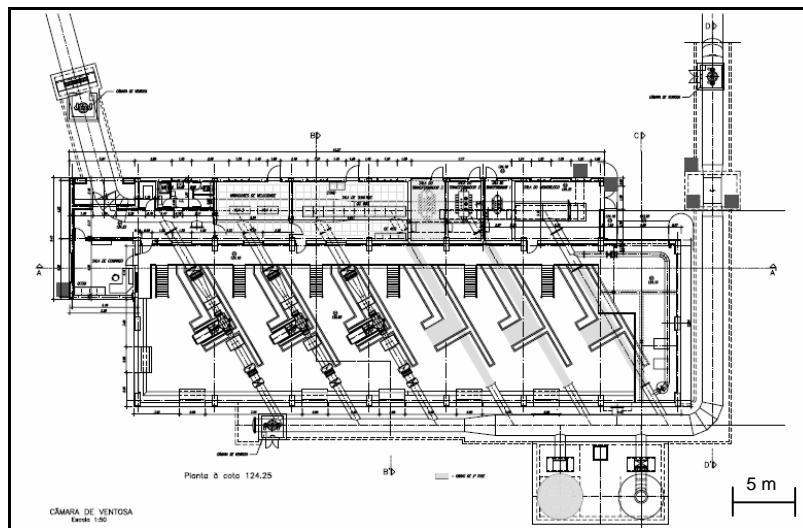


Figura 12 - Estação Elevatória de S. Matias.Planta

A Estação Elevatória das Almeidas, que se encontra implantada na margem do reservatório/barragem das Almeidas, serve directamente os Sub-blocos 3 e 4 de S. Matias. Nesta estação elevatória secundária, devido à diferença topográfica das áreas servidas, previu-se a existência de dois patamares de bombagem distintos.

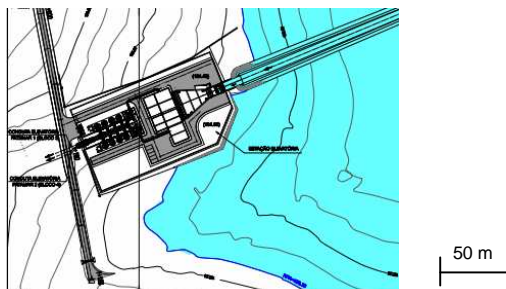


Figura 13 - Estação Elevatória das Almeidas. Implantação

O primeiro andar de bombagem (Sub-bloco 3), serve uma área de 1057 ha e tem um caudal nominal de 1,4 m³/s, a máxima altura de elevação de 47,9 mca. O segundo andar (Sub-bloco 4), serve uma área de 1092 ha e tem um caudal nominal de 1,3 m³/s, a máxima altura de elevação de 84,3 m. A potência total instalada é de 8 MW.

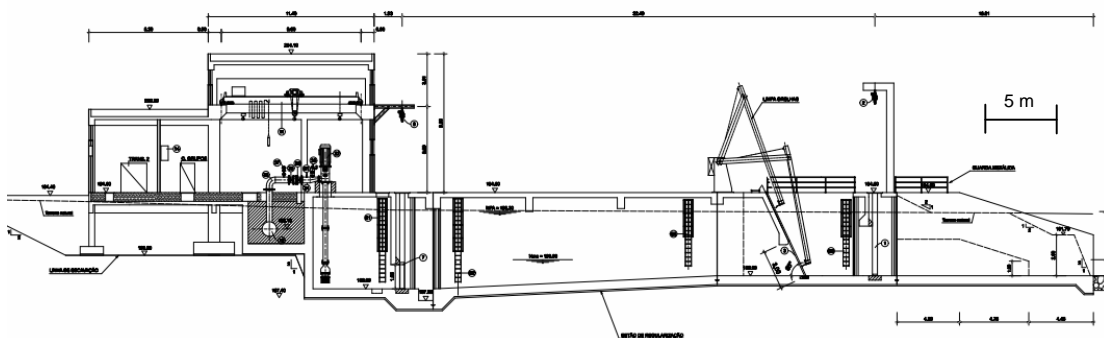


Figura 14 – Estação Elevatória das Almeidas. Corte Longitudinal

Em resumo apresenta-se o quadro seguinte com as principais características da EE das Almeidas

Estação	Bloco de rega	Caudal total (m ³ /s)	Número de grupos	Caudal por grupo (m ³ /s)
Estação Elevatória dos Almeidas	Bloco 3	1,312	3 principais	0,438
			2 auxiliares	0,219
	Bloco 4	1,470	4 principais	0,368
			2 auxiliares	0,184

Os sistemas elevatórios dos Blocos 3 e 4 são do tipo bombagem directa para a rede de rega, com grupos de velocidade variável, com condutas em pressão, com regulação mano-debitimétrica.

Os grupos em serviço trabalharão todos com a mesma velocidade de rotação. Neste regime de funcionamento, os grupos electrobomba operam com o objectivo de garantir à saída da estação elevatória uma determinada pressão exigida, correspondente à cota piezométrica indicada pela curva característica da rede de rega para o caudal a fornecer.

O valor da pressão medida à saída da estação elevatória será comparado com o valor da pressão exigida, guardado no autómato e correspondente ao caudal a fornecer. Se a pressão medida for superior à pressão exigida, deverá reduzir-se a velocidade de rotação dos grupos. No caso inverso, a velocidade dos grupos deverá ser incrementada. Em alternativa, a velocidade de rotação dos

grupos poderá ser ajustada continuamente através de uma função de controlo do tipo PID por parte do autómato, com o objectivo de garantir directamente uma determinada pressão na rede. A pressão a garantir é obtida a partir da curva característica da rede de rega (pressão = cota piezométrica – cota da conduta), sendo portanto variável com o caudal. Para assegurarem aqueles valores de pressão, os grupos electrobomba funcionarão na gama compreendida entre as curvas máxima e mínima da instalação. O ajuste do funcionamento dos grupos, nomeadamente do número de grupos em serviço e da sua velocidade de rotação, deverá processar-se tendo em consideração intervalos de tolerância admissíveis para as diversas variáveis.

4.3 Estação Elevatória do C. H.de S.Pedro-Baleizão

Este circuito hidráulico que permite beneficiar 5.900 há do bloco de S.Pedro-Baleizão, inicia-se na tomada de água da Estação Elevatória de S.Pedro. Esta estação primária, encontra-se implantada na margem direita da albufeira de S. Pedro e destina-se a efectuar a transferência entre esta e a albufeiras da Amendoeira dos caudais necessários a jusante - que incluem também os caudais para satisfazer o bloco de Baleizão-Quintos, num total de cerca de 13900 ha.

A estação elevatória de S.Pedro tem um caudal nominal de 8,5 m³/s, a máxima altura de elevação é de 60 m e a potência total instalada de 7,2 MW e está equipada com seis grupos centrífugos de eixo vertical. A selecção do tipo e o número de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação, à variação expectável do plano de água na albufeira de S. Pedro e, ainda, à disponibilidade “comercial” de grupos deste tipo, para se obter um bom rendimento na sua operação – Figura 15 e 16. Acresce que o canal de tomada implica escavações apreciáveis que são sensivelmente minimizadas com o tipo de bomba utilizada.

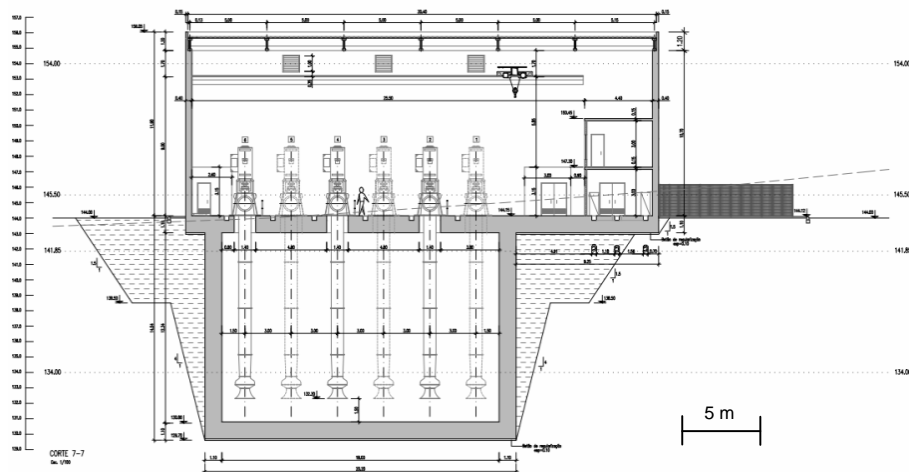


Figura 15 – Estação Elevatória de S. Pedro. Corte Transversal

Também, neste caso, o aparentemente elevado número de grupos adoptado deve-se à conveniência de obter bombas com caudal unitário facilmente disponível no mercado (1,42 m³/s), sendo que, em virtude da existência de um volume significativo de armazenamento a jusante, considerou-se aceitável a não existência de grupo de reserva.

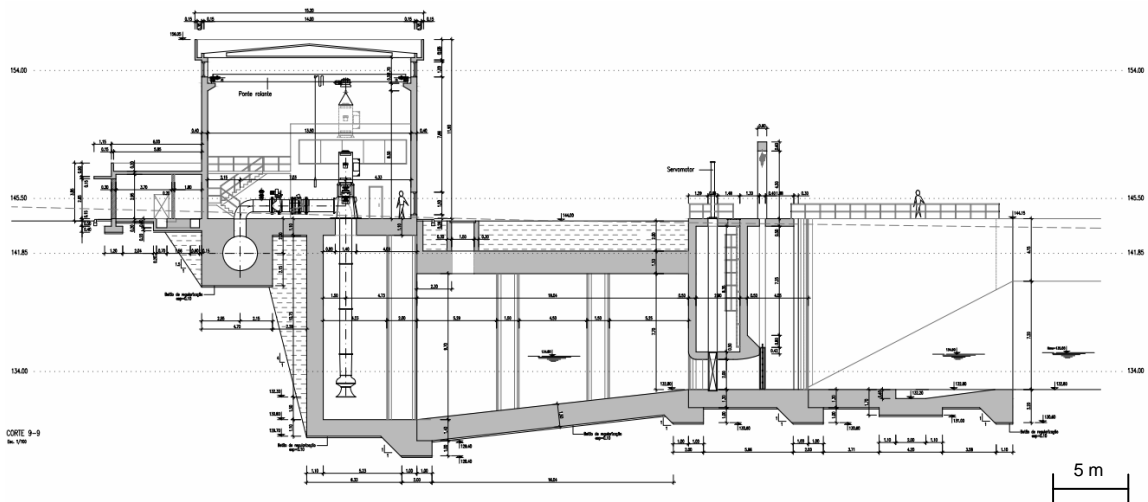


Figura 16 – Corte Longitudinal da Estação Elevatória de S. Pedro

4.4 Estação Elevatória do C. H. de Baleizão-Quintos

No extremo de jusante deste circuito, em anexo ao reservatório do Estácio, prevê-se a construção da Estação Elevatória do Estácio. Esta estação secundária, que serve os Sub-blocos 4 (3542 ha) e 5 (656 ha), bomba parte dos caudais para a rede e parte para um pequeno reservatório apoiado e tem um caudal nominal de $4,8 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo a máxima altura de elevação de 52,7 mca e a potência total instalada de 3,15 MW.

A estação elevatória, de cariz bastante tradicional, está equipada com 4 grupos principais ($0,96 \text{ m}^3/\text{s}$) e 2 grupos auxiliares ($0,480 \text{ m}^3/\text{s}$) centrífugos de eixo horizontal. A selecção do tipo e o número de grupos deveu-se essencialmente à conjugação caudal a bombear/ altura de elevação e à forma que se prevê para o seu funcionamento.

Sendo de prever uma adesão progressiva dos agricultores, prevê-se que numa primeira fase a estação fique equipada para 60% do caudal total de dimensionamento; desta forma serão, mais tarde, instalados 2 grupos principais.

5 NOTAS FINAIS

Em resumo, o Subsistema do Pedrógão que faz parte integrante do Sistema Global de Rega de Alqueva, tem como origem de água a albufeira do Pedrógão e visa essencialmente beneficiar uma área de cerca de 24500 ha, que se situam na margem direita do Rio Guadiana.

No desenvolvimento da elaboração dos Projectos das infra-estruturas do Sub-sistema – que levou a uma profunda evolução e optimização da situação inicial - preveu-se que para servir esta área irá ser construído um vasto conjunto de órgãos hidráulicos, dos quais se destacam as estações elevatórias, que foram sistematizados em quatro circuitos principais, associados aos respectivos blocos de rega:

- Circuito Hidráulico de Pedrogão;
- Circuito Hidráulico de S. Matias

- Circuito Hidráulico de São Pedro- Baleizão
- Circuito Hidráulico de Baleizão-Quintos

Nestes circuitos hidráulicos existem várias estações elevatórias, tanto primárias que bombeiam para reservatórios da rede primária, como secundárias que pressurizam directamente a rede de rega. A evolução verificada nas premissas e nas soluções assumidas nos diversos circuitos hidráulicos envolveu necessariamente as estações elevatórias - que foram minimizadas em número e dimensão hidráulica, energética e estrutural mas que, ainda assim, são grandes e, por vezes, pouco habituais estações elevatórias.

Estas estações elevatórias foram, pois ponderadas, definidas e optimizadas, tendo presente os requisitos do circuito hidráulico em que se integram mas também discutindo e aprofundando questões de eficácia e de eficiência hidráulica e energética num leque diversificado de soluções possíveis e adoptadas.

A diversidade da tipologia de bombas e das estações elevatórias respectivas assumidas neste subsistema, resulta directamente do estudo integrado de optimização dos circuitos hidráulicos em equação e do tratamento de pormenor subsequente, relativamente a cada infra-estrutura.

Como podemos verificar, e se sistematiza no quadro seguinte, existem na rede primária estações para caudais e alturas de elevação importantes, sendo que as estações da rede secundária têm caudais bem mais pequenos, com alturas manométricas bastante diferentes, em função da área a beneficiar. Nalguns casos, as estações elevatórias têm dois patamares de elevação de modo a optimizar a própria estação.

A potência total prevista nas estações elevatórias do subsistema é de 35,4 MW dos quais 22,8 MW correspondem às 3 estações primárias e os restantes 12,6 MW às 5 estações secundárias.

Quadro 1 - Estações Elevatórias do Subsistema de Pedrógão. Características

Estação Elevatória	Localização	Tipo de bombas	Caudal (m ³ /s)	Altura manométrica (m)	Potência (MW)	Rede
Pedrógão	Pé de barragem	Horizontais	12,5	81	12	Primária
Pedrógão	Pé de barragem	Horizontais	0,64	113	1,2	Secundária
Pedrógão 3	Reservatório	Verticais	1,65	70	1,9	Secundária
Selmes	Pé de barragem	Horizontais	0,52 1,2	70 90	2,5	Secundária
S.Matias	Pé de barragem	Horizontais	4,5	65	3,6	Primária
Almeidas	Albufeira	Verticais	1,3 1,47	48 84	3,8	Secundária
S.Pedro	Albufeira	Verticais	8,5	60	7,2	Primária
Estácio	Reservatório	Horizontais	4,8	53	3,15	Secundária

Nesta comunicação procurou-se, pois, sistematizar e caracterizar, ainda que de modo necessariamente sintético, todas as estações elevatórias do Sub-sistema de Pedrógão e os seus aspectos fundamentais mais específicos, referenciando-se os critérios e as condicionantes técnico-económicas, que levaram à adopção das soluções consideradas para cada caso concreto – que

tiveram em devida atenção a eficiência energética e hidráulica do sistema, designadamente, no que concerne às especificações de rendimento dos equipamentos mecânicos e eléctricos.

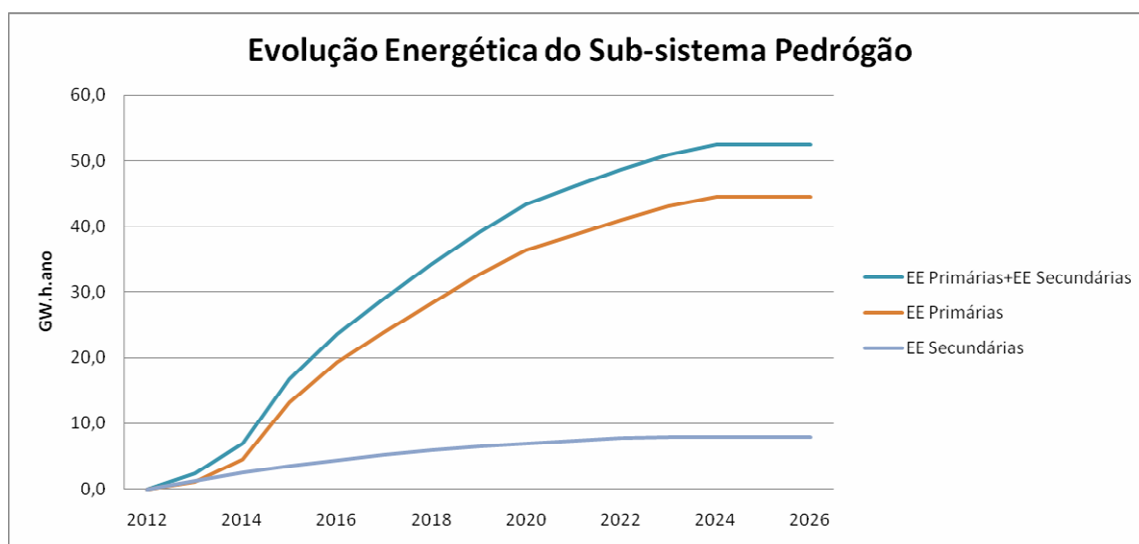


Figura 17 – Evolução do consumo energético do Sub-sistema de Pedrógão

Na Figura 17 apresenta-se ainda uma análise de sensibilidade de estimativa dos consumos energéticos em equação para uma dotação de 4500 m³/ha.ano, estando-se perante valores globais superiores a 52 GWh.ano dos quais 44,5 GWh.ano relativos à rede primária e cerca de 8 GWh.ano à rede secundária. Estes valores são ainda bastante elevados, explicitando que se procurou amenizar os encargos da rede secundária, no sentido de que a gestão dos perímetros seja compatível com o objectivo nacional de se conseguir o sucesso efectivo do regadio – no qual, necessariamente, as estações elevatórias, face à geografia da zona, têm um papel incontornável.

Os estudos efectuados no sub-sistema do Pedrógão envolveram a equipa técnica da EDIA, as equipas dos Projectistas e da DGADR, sendo de elementar justiça deixar aqui uma palavra de reconhecimento para o entusiasmo e qualidade posto nestas prestações e colaborações - que foram uma mais-valia para o Empreendimento.

Bibliografia:

- Aqualogus/Campo d'Água, (2009). *Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de S. Pedro-Baleizão e Respectivo Bloco de Rega.*
- Aqualogus/Hidroprojecto (2005). *Estudo Comparativo das Alternativas para a Adução às Manchas de Rega do Sub-sistema de Pedrogão.*
- Coba/Prosistemas, (2008). *Projecto de Execução da Estação Elevatória e do Circuito Hidráulico de Pedrogão e Respectivo Bloco de Rega.*
- Coba/Prosistemas, (2009). *Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de S. Matias e Respectivo Bloco de Rega.*

Coba/Prosistemas, (2009). *Projecto de Execução do Circuito Hidráulico de Baleizão-Quintos e Respectivo Bloco de Rega.*

DGADR-MADRP (2009/10). Pareceres e Notas Técnicas (Vários).

IEADR-MADRP (1996). *Consumo de Água para Rega do Empreendimento de Alqueva.*