

LAS PRESAS Y LOS CAMINOS DEL AGUA EN ALQUEVA

Vazquez, Jorge¹; Carvalho, Alexandra²(P); Costa Miranda, José³; Batista, Ricardo⁴

1 Ingeniero Civil, Administrador, EDIA, S.A., jvazquez@edia.pt

2 Ingeniera Agrícola, Directora del Departamento de Planificación y Proyectos, EDIA, S.A., acarvalho@edia.pt

3 Ingeniero Civil, Consultor, EDIA, S.A., geral@edia.pt

4 Ingeniero de Recursos Hídricos, Técnico Superior del Departamento de Planificación y Proyectos, EDIA, S.A., rbatista@edia.pt

RESUME

La presa de Alqueva, situada en el río Guadiana, en pleno Alentejo, permite crear un embalse que, con sus 4150 hm³, se constituye como el gran origen de agua del Emprendimiento. La presa de Pedrógão, aguas abajo, crea el embalse que es el contra embalse de Alqueva.

El sistema hidráulico constituido por estas dos presas es el núcleo base del Emprendimiento y la reserva estratégica de agua de la región. En su gestión integrada, se apoya el riego de 120 000 ha, el suministro público e industrial y la producción de hidroenergía de la región y el turismo.

Este Emprendimiento es un instrumento fundamental para el desarrollo sostenible de la Región- teniendo asociados verdaderos nuevos caminos para el agua, materializados por grandes canales y tuberías, pero que también integran un conjunto importante de otras presas, que permiten captar los recursos hídricos locales y regularizar y derivar los caudales necesarios a los diversos beneficios del Emprendimiento.

La existencia de buenas áreas agrícolas, anejas y sin restricciones ambientales significativas, el gran interés de los agricultores y asociaciones locales y la disponibilidad creada por el menor consumo de agua han creado las condiciones básicas para el incremento de las áreas beneficiadas. Además, se verificó la necesidad urgente de interconectar Alqueva con otras presas de la región.

En el artículo se hace la sistematización de la información fundamental de este conjunto de presas y se discute su papel como elemento de la gestión optimizada del EFMA y de creación de disponibilidades hídricas que han permitido las nuevas áreas de riego de Alqueva.

1. Introducción

En las presas de Alqueva y Pedrogão tienen origen los tres grandes subsistemas de la Red Primaria de transporte de agua.

El embalse de Alqueva es hoy el mayor lago artificial de Europa (con 250 km² de área inundada y 4.150 hm³ de capacidad útil), constituyéndose como la infraestructura fundamental del EFMA y una reserva de agua estratégica para toda la región -capacitada para suplir todas las necesidades del proyecto (actuales y proyectadas), en sus componentes de riego, suministro público e industrial y producción de energía, durante al menos tres años consecutivos de sequía.

El embalse de Pedrogão, con una capacidad de almacenamiento de 106 hm³, está ubicado aguas abajo de Alqueva y permite la reversibilidad de las centrales I y II.

La Red Primaria del Emprendimiento garantiza el almacenamiento y aducción de agua, desde Alqueva-Pedrogão. Esta red está dividida en 3 subsistemas y tiene la siguiente configuración.

Figura 1. Esquema del EFMA

En esta red, se integran 20 presas, 68 otras infraestructuras de almacenamiento (presas, depósitos y embalses) y 250 km de aductores principales (canales y conductos de gran diámetro), que permiten la garantía y aducción de agua en toda el área del EFMA, creando un alto efecto movilizador y de diversificación de las actividades económicas en la región, ya verificable, así como el surgimiento de proyectos directa o indirectamente correlacionados con el Emprendimiento.

La beneficiación hidroagrícola es la vertiente más visible del EFMA por la instalación de aproximadamente 120 mil hectáreas de nuevos riegos en el Alentejo, a los que corresponden más de 1500 km de conductos en la red secundaria. Se verificó una apreciable adhesión y movilización de la Región en respuesta a la infraestructuración hidroagrícola hecha.

2. Alqueva

Alqueva, de NPA a (152) y cuenca con 55.000 km², es una presa en hormigón bóveda de doble curvatura, con las siguientes características fundamentales:

- Altura: 96 m
- Longitud del coronamiento - 458 m
- Capacidad total - 4 150 hm³
- Superficie inundada: 250 km²
- Aliviadores – de superficie y medio fondo controlados y en salto de esquí (9 800 m³/s)
- Centrales Hidroeléctricas de Alqueva I y II (Reversibles)- 2 x 260 MW = 520 MW

El cierre de las compuertas de Alqueva ocurrió en 2002 y la presa descargó en los años de 2009/10, 2010/11, 2012/13, período en que, en total, pasaron aguas abajo 14.853 hm³- explicitando bien la gran irregularidad del flujo en la cuenca del Guadiana.

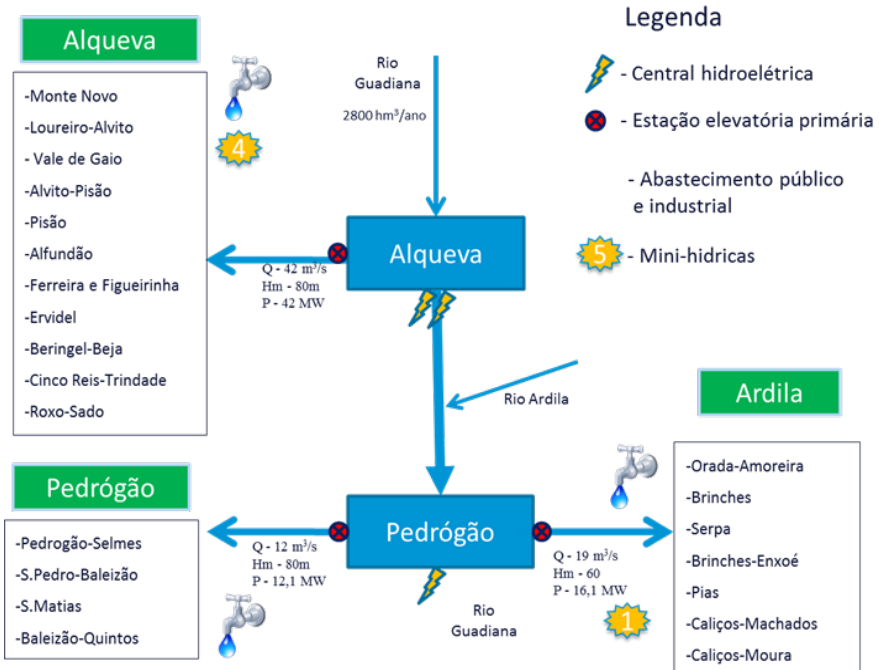


Figura 2. Presa de Alqueva - vistas de aguas arriba e aguas abajo

3. Pedrogão

Pedrogão es una presa de hormigón gravedad, con el NPA a la (84.8) y cuenca con 59.160 km², que funciona como contraembalse de Alqueva para su sistema hidroeléctrico reversible. Está ubicada a unos 20 km aguas abajo de Alqueva, después de la confluencia del río Ardila - siendo la primera gran presa de hormigón compactado en Portugal. Esta presa tiene las siguientes características principales:

- Altura - 43 m
- Longitud del coronamiento - 448 m
- Capacidad total - 106 hm³
- Superficie inundada - 11 km²
- Aliviadores - lámina adherente, disipación por macro rugosidades en escalones y con un "roller-bucket" à la salida (12. 000 m³/s)
- Central Mini-Hídrica - 10 MW (turbinado de los caudales ecológicos)
- Dispositivo de paso de peces (en ascensor)



Una nota para el funcionamiento de los reversibles de Alqueva, que no se permite el funcionamiento de la red eléctrica por la asociada a un gran volumen de agua disponible para turbinar. Además, la reversibilidad y el gran almacenamiento posibilitado por Alqueva permiten rentabilizar por el bombeo, en las horas de vacío, el excedente de producción de otras energías renovables como la fotovoltaica y la eólica - contribuyendo de modo decisivo a la deseable mayor sostenibilidad de estas energías.

4. Los Subsistemas Del EFMA

El EFMA integra tres subsistemas de aducción y distribución de agua, todos con origen en el río Guadiana, siendo el mayor el de Alqueva (beneficiándose cerca de 64.500 ha), con origen en este gran embalse y los otros dos, el de Pedrogão (beneficiándose cerca de 24.500ha) y el de Ardila (beneficiándose cerca de 30.500ha), con origen aguas abajo, en el embalse de Pedrogão, en su margen derecho e izquierdo, respectivamente, a unos 70 metros abajo.

Los 3 Subsistemas tienen los siguientes órganos e infraestructuras hidráulicas:

- Red de infraestructuras primarias - 382 km
- Red secundaria - 1 620 km (para cerca de 120.000 ha de regadío)
- Presas – 20
- Pequeñas Presas y Depósitos - 69
- Estaciones de bombeo - 47

• Mini-Hídricas - 5 en plena explotación

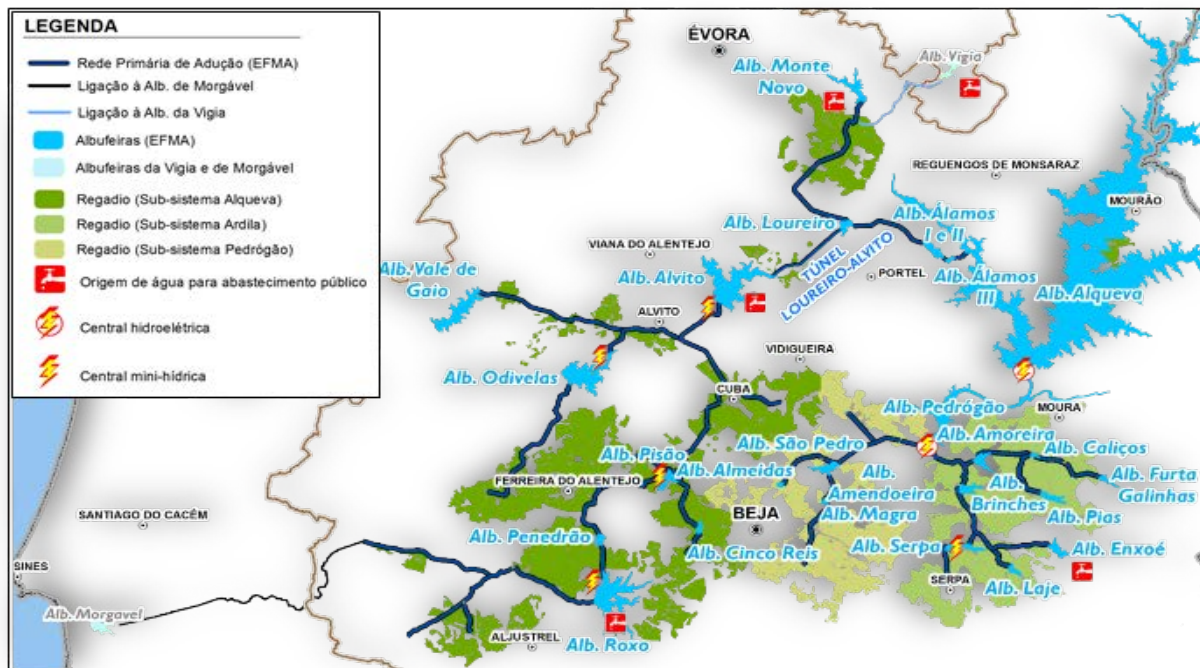


Figura 4. Empreendimento de Fins Múltiples de Alqueva.

Las cinco presas existentes con funciones de suministro público en la región (Alvito, Monte Novo, Vigia, Roxo y Enxoé) ya se encuentran conectadas a el EFMA.

En 2016, se concluyó la infraestructura de los cerca de 120.000 ha de la primera fase del EFMA.

Los cultivos de mayor implantación en el EFMA, como el olivo, el almendro y la viña, tienen necesidades de agua relativamente bajas y los circuitos hidráulicos primarios y secundarios, del EFMA y también de la red terciaria, a cargo de los beneficiarios, permiten una eficiencia hidráulica apreciable - lo que llevó a un importante ahorro de agua frente a los escenarios iniciales.

Por otro lado, con el reconocido éxito de la reconversión del secano en regadío, en las áreas que fueron siendo dotadas de infraestructuras, fueron hechas numerosas solicitudes de agua en zonas envolventes del Emprendimiento. En este contexto, la Empresa de Desenvolvimento das Infra-estruturas do Alqueva (EDIA) fue desarrollando estudios de sistematización y mapeo de las áreas envolventes con expectativa, vocación y viabilidad técnico-económica de ser dotadas de riego. De estos estudios de planificación macro, resultó la selección de cerca de 50.000 nuevas hectáreas que van a constituir la nueva fase del Emprendimiento.

Dos referencias en esta área todavía se señalan,

- i) la preocupación de estos nuevos proyectos en traer agua, para donde se carece de este precioso recurso, teniendo en cuenta sus diferentes usos, tales como las conexiones con las presas de Monte dan Rocha, Vigia y Morgavel, junto al Polo Industrial de Sines - embalses que son importantes orígenes de agua para suministro público, industrial y riego;
- ii) que en 2017 y 2018 y ante las difíciles condiciones vividas asociadas a la sequía, hubo necesidad de atender las múltiples solicitudes de agua para los diversos usos y de mejorar procedimientos asociados a la explotación integrada del Emprendimiento.

5. LOS SUBSISTEMAS DEL EFMA Y LAS OUTRAS PRESAS

En el subsistema de Alqueva se puede llegar cerca de Évora, Beja, Ferreira y Aljustrel, a través de una red primaria con toma de agua ubicada en el río Degebe, de donde la estación de bombeo de los Álamos (42 MW de potencia y caudal $42\text{m}^3/\text{s}$) eleva el agua para un conjunto de tres presas (Álamos I, II y III), llegando a el embalse de Loureiro, por un gran canal, con cerca de 15 kms aguas abajo de la toma.

Estas presas, todas ellas de relleno zonado, con filtro de chimenea y tapis drenante, tienen alturas de 30/35 m. Todas ellas fueron construidas en locales que quedan en el trazado del canal de aducción y permiten no sólo aumentar la capacidad de regularización del sistema, como vencer la morfología natural, en particular de valles profundos donde se implantaron.

A partir del embalse del Loureiro, esta Red Primaria se divide por:

- i) el circuito aductor en canal que sigue hacia Norte, aproximando de Évora y conectándose al embalse de Monte Novo (presa de hormigón- ya existente, cuya operación se inició en 1982),
- ii) el túnel Loureiro- Alvito, que con sus 11 kms es el mayor túnel hidráulico en Portugal, hasta la presa de Alvito (dique de contención de los años setenta y que desempeña una función regularizadora importante). Este túnel hace el transvase de la cuenca del Guadiana a la cuenca del Sado, lo que implicó un conjunto de importantes medidas específicas de carácter ambiental, de prevención, minimización y monitorización de impactos.

Aguas abajo de la presa de Alvito, los aductores de EFMA permiten la conexión a tres grandes presas en operación hace muchos años – Odivelas (1972), Vale Gaio (1947) y Roxo (1967). Hasta la presa de Roxo hay un recorrido de más de 80 km en canal, estando intercaladas las nuevas presas de relleno de Pisão, de Cinco Reis y de Penedrão, todas de menor dimensión y alturas próximas a los 20 m, pero con una significativa función regularizadora a nivel local.

A partir del embalse de Roxo y a través de una aducción con más de 30 kms se llega a las Ermidas do Sado, posibilitando el refuerzo del suministro público a la región de Sines, a través de la transferencia de agua al embalse de Morgavel - presa concluida en 1980.

Las características principales de las presas del EFMA que contribuyen para la viabilidad de lo subsistema de Alqueva se sistematizan en la tabla 1.

Presas	Línea de Agua	Área de la Cuenca (km ²)	Área Inundada (km ²)	Altura por encima del lecho (m)	Coronación Nivele L (m)	NME Nme (m)	Volumen (hm ³) Útil Total	Módulo Anual (hm ³)	Aliviadero
Álamos I	Rib ^a Veladas	10,0	1,95	32,0	230 234	227,5 225	4,4 17,6	2,07	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y salto de esquí
Álamos II	Afluente Rib ^a Veladas	10,0	1,95	37,5	230 295	227,5 226	4,4 17,6		El mismo
Álamos III	Barranco da Espinheira	10,0	1,95	34,5	230 259	227,5 227	4,4 17,6		El mismo
Loureiro	Rib ^a do Loureiro	15,4	0,9	30,0	225 1175	222 219	2,48 6,98	1,9	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con rodillo sumergido
Pisão	Rib ^a do Pisão	49,0	2,02	13,8	157,5 454	155 150	8,23	4,06	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Penedrão	Rib ^a de Canhestros	2,2	0,9	22,0	171,5 385	170 167	2,1 5,2	/	Aliviadero en pozo con galería y obra terminal de disipación por resalto
Cinco Reis	Barranco do Curral	2,4	0,47	15,5	205,5 513,7	204 197,5	1,33 1,4	/	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
R4 Monte Novo	Rib ^a do Albardão	1,84	0,07	8	207 360	205 201,5	0,10 0,14	/	Aliviadero en pozo con galería y obra terminal de disipación por resalto

DOI:
Licer

Tabla 1. Presas del Subsistema Alqueva

El subsistema de Pedrogão que permite llegar muy cerca de la zona Este de Beja, empieza en la presa de Pedrogão, en una gran estación de bombeo (de 12,5 m³/s de caudal) y se conecta al embalse de S. Pedro, una nueva presa que, con cerca de 25 m de altura, crea un embalse de 10 hm³ y cumple una importante función de regularización y derivación de caudales.

Este subsistema es complementado, aguas abajo y a niveles más altos, en el circuito hidráulico de S. Pedro - Baleizão, por los embalses de Amendoeira y de Magra que, aunque de menor dimensión, permiten amortiguar las puntas de los pedidos y optimizar los costes de los sistemas aductores.

A partir del aductor que sale del embalse de Magra está un nuevo sistema que refuerza el suministro público a Beja ya su zona circundante.

Las características principales de las presas del EFMA que contribuyen para la viabilidad de lo subsistema de Pedrogão se sistematizan en la tabla 2.

El subsistema del Ardila permite llegar cerca de Serpa y Moura y se inicia también en la

Presas	Línea de Agua	Área de la Cuenca (km ²)	Área Inundada (km ²)	Altura por encima del lecho (m)	Coronación Nivele L (m)	NME Nme (m)	Volume (hm ³) Útil Total	Módulo Anual (hm ³)	Aliviadero
S. Pedro	Rib. ^a de S. Pedro	33,9	1,83	24,1	144,5 733	142,5 131	10,17 10,83	2,83	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Almeidas	Barranco Jordais	0,75	0,27	8,4	195 474	193,30 190	0,50 0,54	/	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Amendoeira	Afluente do Barranco do Paço Inchado	0,43	0,20	18,5	194,5 575	193 187,5	0,7 1,0	/	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Magra	Afluente do Barranco de S. Pedro	0,28	0,28	18	194,5 475	193 187,5	1,0 1,8	/	Aliviadero en pozo con galería y obra terminal de disipación por resalto

Tabla 2. Presas del Subsistema Pedrogão

presa de Pedrogão, en una gran estación elevadora (de 19 m³ / s de caudal), que permite la elevación de los caudales a un primer nivel de aducción, cerca de las cotas 120/130, en el que se construyeron tres presas - Amoreira, Serpa y Brinches. Estas presas, con alturas un poco inferiores a 35 m, cumplen importantes funciones de regularización y captación de caudales (a cotas más altas) y tienen asociadas grandes estaciones de bombeo, que permiten no sólo el riego, pero también el refuerzo de los recursos disponibles en la presa de Enxoé - concluida en 1998 y cuyo embalse es un importante origen de agua de suministro público, en particular para Serpa y Mértola.

En un segundo nivel, cerca de los niveles 170/180, se pueden encontrar las presas de Calijos, de Laje y de Pias, con la misma lógica funcional atrás referenciada y aún en un tercer nivel, la presa de Furta Gallinas, a cotas próximas a la (225) a la proximidad de Moura, siendo todas estas últimas obras de menor tamaño (cerca de 20 metros de altura) pero permitiendo además una contribución de recurso hídrico y de economía energética importante.

Las características principales de las presas del EFMA que contribuyen para la viabilidad de lo subsistema de Ardila se sistematizan en la tabla 3.

Presas	Línea de Agua	Área de la Cuenca (km ²)	Área Inundada (km ²)	Altura por encima del lecho (m)	Coronacion Nivele L (m)	NME Nme (m)	Volume (hm ³) Útil Total	Módulo Anual (hm ³)	Aliviadero
Brinches	Rib ^a do Loureiro	37,6	1,41	32	137,5 550	135 121,25	9,57 10,9	4,5	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Laje	Rib ^a da Laje	13	0,67	21,5	180,5 475	177,5 170	3,37 4,17	1,1	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Serpa	Rib ^a do Enxós	175,6	1,52	28,6	126,5 430,8	123,5 105	9,92 10,2	8	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Amoreira	Barranco das Amoreiras	101,2	1,49	24	137,5 792	135 125	9 10,7	12,4	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Caliços	Barranco dos Calicos	3,51	0,24	16,65	195,25 472,8	193,75 190	0,63 0,84	/	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Furta Galinhas	Rib ^a de Brenhas	30,9	0,83	16,5	227 810	225 219	3,08 3,75	3,2	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Pias	Rib ^a da Amoreira	42,7	1,3	16	185 530	182,5 177,5	4,2 5,4	4,5	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto
Orada	Bar ^o Azenha da Aldeia	0,2	0,1	15	140 214	138,7 133	0,35	/	Aliviadero en canal, umbral en laberinto y obra terminal con disipación por resalto

Tabla 3. Presas del Subsistema Ardila.

6. Las Nuevas Áreas de Riego

Reconociendo la importancia de gestionar los recursos hídricos de la región de forma racional, sostenida y equilibrada, no dando lugar a desperdicios, pero sacando de este recurso finito e imprescindible a la vida el mayor partido posible, pero de forma sostenible, se efectuó en la Empresa de Desenvolvimento das Infra-estruturas do Alqueva (EDIA) un estudio de planificación por la región.

El agua es útil no solo en los embalses del Guadiana, pero sobre todo donde es "utilizada" en sus variadas formas y, en una coyuntura de relativa escasez regional de recursos hídricos movilizables, hay que hacerlo de forma regionalmente optimizada.

En el estudio efectuado se constató la existencia de:

- una necesidad urgente de interconectar el EFMA con los principales embalses de la región, aún no conectadas con el sistema de aducción;
- buenas áreas agrícolas, anexas al área ya servida por el EFMA, sin restricciones ambientales significativas;
- solicitudes de los respectivos agricultores y autoridades locales para que éstas sean servidas por el Empeñamiento;
- consumos reales, en las áreas ya servidas por el EFMA, inferiores a las anteriormente previstas.

Además, frente a los avances y mejoras sensibles que se vienen obteniendo en la eficiencia hidráulica de los sistemas del EFMA y a través de una gestión optimizada de los recursos, se verificó que es posible una extensión de beneficio, exclusivamente con la rentabilización

de los recursos hídricos actualmente afectados al emprendimiento, no movilizand o nuevas masas de agua, ni creando nuevos impactos en la región en este ámbito.

Por lo tanto, se reunían las condiciones básicas para aprovechar las holguras existentes tanto en lo que se refiere a los recursos hídricos disponibles, como en la capacidad de transporte de las infraestructuras hidráulicas ya existentes.

Así EDIA, después de un análisis regional “macro”, delimitó 12 áreas para donde es posible y más viable desarrollar el sistema aductor / red ya existente. Estas áreas, en su totalidad, abarcan alrededor de 50.000 ha - ver figura siguiente - y su infra estructuración implica una inversión de cerca de 190 M €.

Área nº	Designativo	Área (ha)
1	Cuba-Odivelas	2790
2	Cabeça Gorda-Trindade	4400
3	Vila Nova de S. Bento	4244
4	Póvoa - Amareleja	9824
5	Marmelar	1318
6	Reguengos de Monsaraz	10271
7	Évora	2962
8	Viana do Alentejo	4605
9	Vidigueira	2138
10	Messejana	3064
11	Lucefecit	1761
12	Monsaraz	2248
	Total	49625

Estas nuevas infraestructuras, además de beneficiar nuevas áreas agrícolas, también han reforzado los recursos hídricos disponibles en las presas ya existentes, como es el caso de los embalses de Vigía y Monte da Rocha y permitirán la constitución de nuevas tomas de agua para apoyo a los centros urbanos y a otros usos, en situaciones excepcionales- por ejemplo, para combate a incendios y para el ganado, en situación de sequía.

Las nuevas áreas limítrofes de riego son actualmente en parte riegos imperfectos servidos con recursos subterráneos (captados en pozos, agujeros o charcas) o con recursos superficiales (captados en pequeñas presas) - así esta actuación también permite disminuir la actual presión sobre estos recursos hídricos y hidrogeológicos.

Las holguras existentes tanto en los recursos hídricos regularizados disponibles, así como en la capacidad de transporte de la red primaria, resultan de las necesidades reales de agua al EFMA sean más bajas que el inicialmente previsto. Esto se debe principalmente a las menores dotaciones reales (que en promedio son alrededor de 3000 m³/ha. año) y esto debido a los principales cultivos regados (que son olivar, almendro, viña) y a los métodos de riego utilizados (esencialmente riego gota- a la gota).

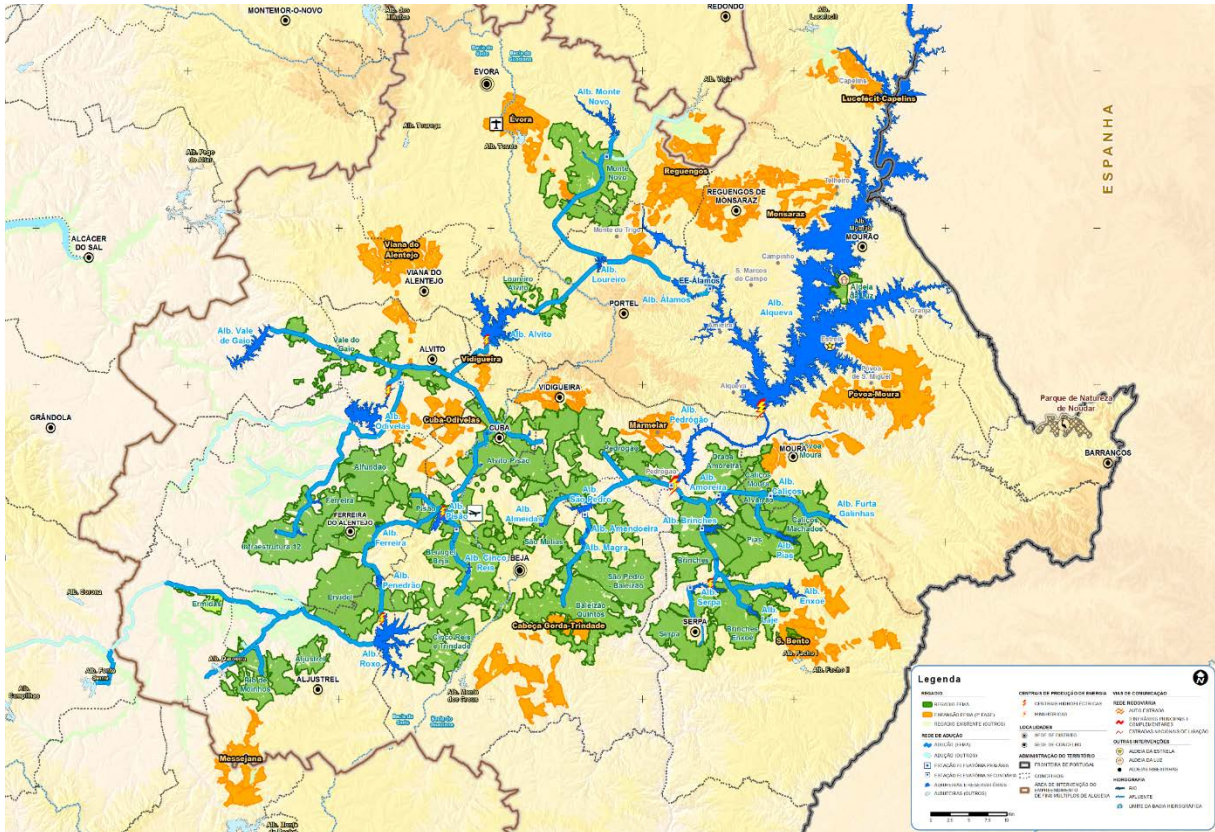
En el proyecto de estas nuevas infraestructuras hubo la preocupación de adensar las infraestructuras regionales de aducción de agua, de reforzar los recursos hídricos regionales disponibles, interconectando todas las presas de perímetros públicos existentes en la región, de crear lugares que en situaciones excepcionales puedan servir como origen de agua para el combate al fuego y, en situación de sequía servir para el ganado. Así se pretende disminuir los riesgos y fortalecer el cumplimiento de los compromisos / expectativas creadas frente a las poblaciones locales.

Teniendo en cuenta que las nuevas áreas resultan de solicitudes reiteradas de los agricultores, se considera que reúnen las condiciones para una rápida adhesión al riego y para una significativa creación / fijación de empleos en la región

Figura 5. Plan del Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva.

7. Conclusiones

En el EFMA, además de la presa de Alqueva y de su contraembalse de Pedrógão, los dos



iconos del emprendimiento, hay un numeroso conjunto de presas, construidas y en explotación, asociadas a los grandes circuitos hidráulicos de transferencia de agua. Estas, aunque de menor dimensión, son grandes obras de ingeniería e importantes para la concretización de los objetivos del EFMA, permitiendo llevar el riego a lugares remotos y cambiar de modo sostenible el Alentejo.

Con una gestión optimizada de los recursos hídricos regularizados de la región y la rentabilización de las actuales infraestructuras primarias del emprendimiento, es posible una extensión del riego en la región, no movilizand o nuevas masas de agua, ni creando nuevos impactos significativos en sus recursos hídricos. Así, con las infraestructuras existentes y las que van a ser construidas a corto plazo, se disminuye la vulnerabilidad de la región a las sequías y a los cambios climáticos, siendo posible beneficiar nuevas áreas de riego, aumentando la riqueza del país y satisfaciendo la voluntad de la comunidad regional.