

## **Deliverable E 2.2.2: Informe técnico de elementos expuestos – Setúbal test site (Portugal)**

**Informe del GT2 – Actividad 2.2: Evaluación de la exposición y  
la vulnerabilidad**

**Due date of deliverable:** 30/09/2020

**Actual submission date:** 18/02/2021

**Lead contractor for this deliverable:** IGOT-ULISBOA

### **Autores**

José Luís Zêzere, Ricardo Garcia, Sérgio Oliveira, Susana Pereira,  
Pedro Pinto Santos, Raquel Melo, Eusébio Reis



## **ÍNDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. METODOLOGÍA .....	5
3. EXPOSICIÓN EN ZONAS AMENAZADAS POR EL MAR .....	6
4. EXPOSICIÓN EN ZONAS AMENAZADAS POR INUNDACIONES REPENTINAS .....	8
5. EXPOSICIÓN EN ZONAS AMENAZADAS POR LAS INUNDACIONES DE LOS ESTUARIOS .....	12
6. EXPOSICIÓN EN ZONAS DE INESTABILIDAD DE LADERAS .....	13
7. CONCLUSIONES .....	15
REFERENCIAS .....	16

## 1. INTRODUCCIÓN

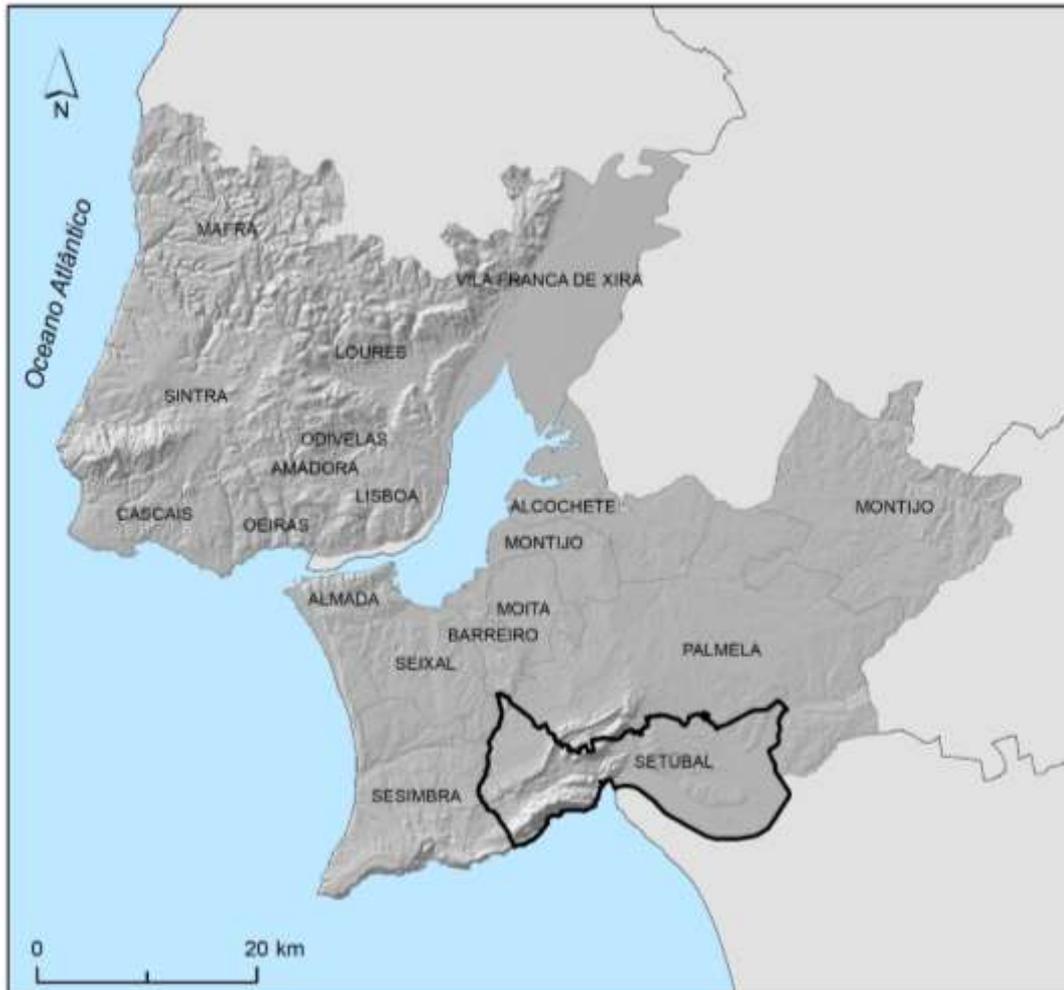
El GT2 se basa en el desarrollo de herramientas cartográficas de prevención de riesgos para su aplicación en la ordenación del territorio y la planificación de emergencias. Las principales herramientas a desarrollar incluyen la creación y actualización de la cartografía de peligrosidad, exposición, vulnerabilidad y riesgo asociada a las regiones costeras del SUDOE, adaptada a los diferentes escenarios futuros de riesgo previstos por el cambio climático.

La actividad 2.2 - Evaluación de la exposición y la vulnerabilidad, del GT2 del proyecto RISKCOAST se basa esencialmente en la exploración de los datos censales disponibles. Se trata, pues, de cuantificar la exposición, contabilizando el número de personas, edificios (viviendas), equipamientos estratégicos y extensión de la red viaria, situados en zonas de alta y muy alta susceptibilidad (evaluadas en la actividad 2.2.1). En el análisis de la exposición se considera a la población residente. Además, los elementos estratégicos, vitales y sensibles expuestos (Julião *et al.*, 2009), fundamentales para la respuesta a la emergencia (por ejemplo, la red hospitalaria y sanitaria, la red escolar, el equipamiento de los agentes de protección civil) y el apoyo básico a las poblaciones (por ejemplo, la red vial fundamental) son objeto de un tratamiento diferenciado.

El objetivo principal de este informe técnico (E.2 .2.2) es definir el conjunto de procedimientos necesarios para el inventario de los elementos expuestos en el área de estudio del SUDOE del municipio de Setúbal (Fig. 1), que se enfrentan a tres tipos de riesgos naturales directa o indirectamente relacionados con el clima: la erosión costera y el desbordamiento en el litoral arenoso (Zonas de amenaza del mar), las inundaciones y las crecidas (Zonas de amenaza de inundación y de crecida del estuario) y los movimientos en masa en las laderas (Zonas de inestabilidad de las laderas).

El GT2 está coordinado por el equipo IGOT-ULISBOA, que establece los procedimientos metodológicos para la producción de herramientas cartográficas de prevención de riesgos. La aplicación de estas metodologías a las diferentes áreas de estudio será desarrollada por cada uno de los beneficiarios que participen en el

GT2. El equipo de IGOT-ULISBOA asegura a cada uno de los beneficiarios el apoyo técnico necesario para la aplicación de las metodologías propuestas.



*Figura 1 – - Entorno geográfico del municipio de Setúbal, en el Área Metropolitana de Lisboa*

## 2. METODOLOGÍA

La evaluación de la exposición a los riesgos considerados en el municipio de Setúbal se realizó para las carreteras, los edificios, la población residente y los equipamientos estratégicos, vitales o sensibles.

Las carreteras se obtuvieron y clasificaron a partir del Open Street Map y se reclasificaron en 4 clases: autopista y autovía, red primaria de carreteras, red secundaria de carreteras y red terciaria de carreteras.

En total hay 236 kilómetros de carreteras en la zona de estudio, con la distribución por tipo de carretera sistematizada en la Tabla 1.

*Tabla 1 – Tipo y longitud de las carreteras del municipio de Setúbal*

Vías totais	km	%
Auto-estradas e vias rápidas	21,2	9,0
Rede rodoviária primária	108,3	45,9
Rede rodoviária secundária	36,8	15,6
Rede rodoviária terciária	69,8	29,6
<b>Total</b>	<b>236,0</b>	<b>100,0</b>

Los edificios se obtuvieron de la Base de Edificios Georreferenciados (BGE), que representa con un punto cada edificio residencial. La población residente por edificio se estimó BGE con el BGRI del Censo de 2011 (Garcia *et al.*, 2016).

El BGE indica 24.320 edificios de viviendas en el municipio de Setúbal. La población total residente supera las 121.000 personas, según el censo de 2011.

La distribución de los equipos estratégicos, vitales y sensibles fue proporcionada por el Ayuntamiento de Setúbal. Estas instalaciones se han clasificado en 6 categorías, según los servicios a los que están asociadas: administración y protección civil, sanidad, educación, servicios sociales, cultura y hostelería.

El cuadro 2 muestra las instalaciones estratégicas, vitales y sensibles del municipio de Setúbal.

*Tabla 2 – Equipos estratégicos, vitales y sensibles del municipio de Setúbal*

<b>Equipamentos estratégicos, vitais e sensíveis</b>	<b>Número</b>
Equipamentos de administração e ligados à proteção civil	79
Equipamentos de saúde	14
Equipamentos de educação	102
Equipamentos sociais	139
Equipamentos culturais	194
Equipamentos hoteleiros	25
<b>Total</b>	<b>553</b>

La evaluación de la exposición se realizó mediante la intersección de los elementos anteriores (carreteras, edificios, población residente y equipamientos estratégicos, vitales y sensibles) con las zonas de riesgo correspondientes a las Zonas de Amenaza Marítima (ZAM), Zonas de Amenaza de Inundación (ZAC), Zonas de Amenaza de Inundación Estuarina (ZIE) y Zonas de Inestabilidad de Taludes (AIV) (Oliveira *et al.*, 2017, 2020).

### **3. EXPOSICIÓN EN ZONAS AMENAZADAS POR EL MAR**

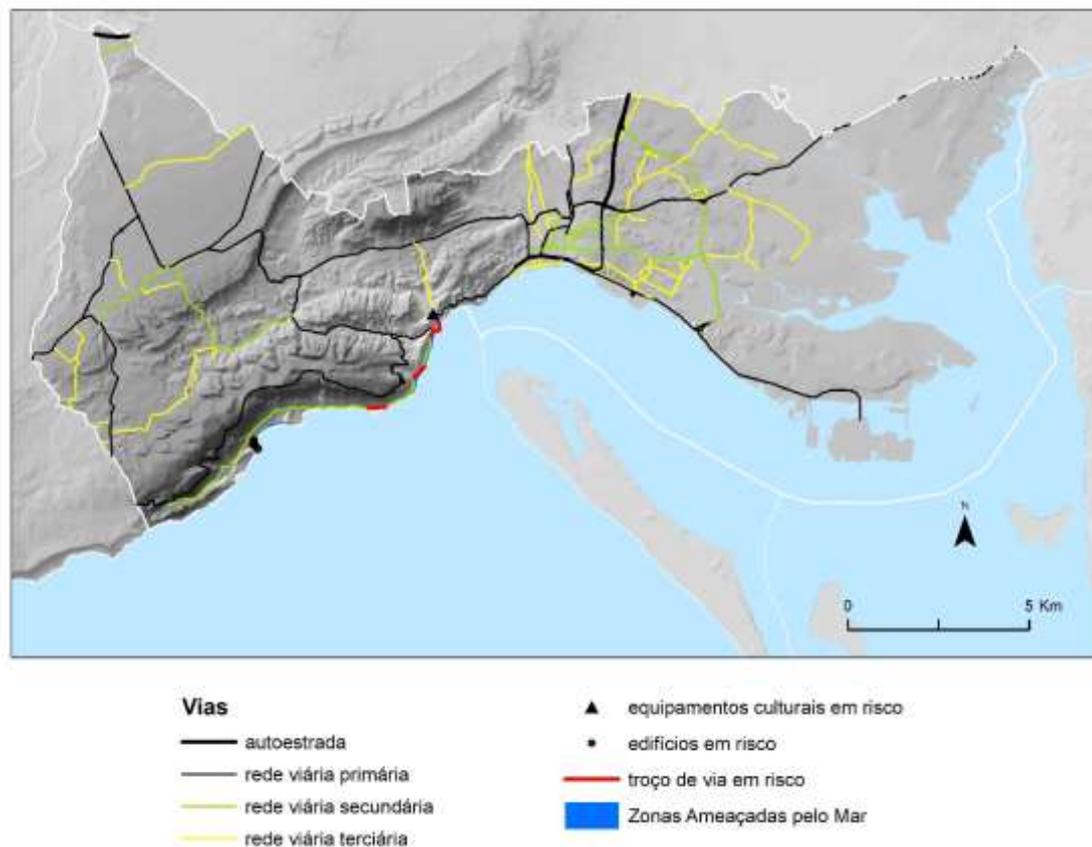
Las Zonas Amenazadas por el Mar (ZAM) tienen una extensión de 0,24 km<sup>2</sup> y abarcan todas las playas del municipio de Setúbal.

En la figura 2 se representan los edificios y carreteras expuestos al riesgo de erosión costera/desborde oceánico.

En Portinho da Arrábida se identificaron 20 edificios situados en zonas amenazadas por el mar. Estos edificios corresponden a 24 viviendas, pero sólo a 4 residentes, por lo que se puede concluir que se trata principalmente de edificios de segunda residencia, utilizados predominantemente durante la temporada de verano.

Una instalación cultural, el Parque de Merendas da Comenda, también está expuesta a la altura de las olas oceánicas y tiene una gran demanda durante el verano.

Las carreteras con riesgo de erosión y oleaje oceánico suman 2,3 km y corresponden principalmente a la red de carreteras secundarias (1,6 km), es decir, la carretera de acceso a las playas de Figueirinha, Galápos y Portinho da Arrábida. No hay autopistas ni autovías amenazadas por este tipo de peligro y la extensión de la red primaria de carreteras expuesta es residual (sólo 0,7 km).

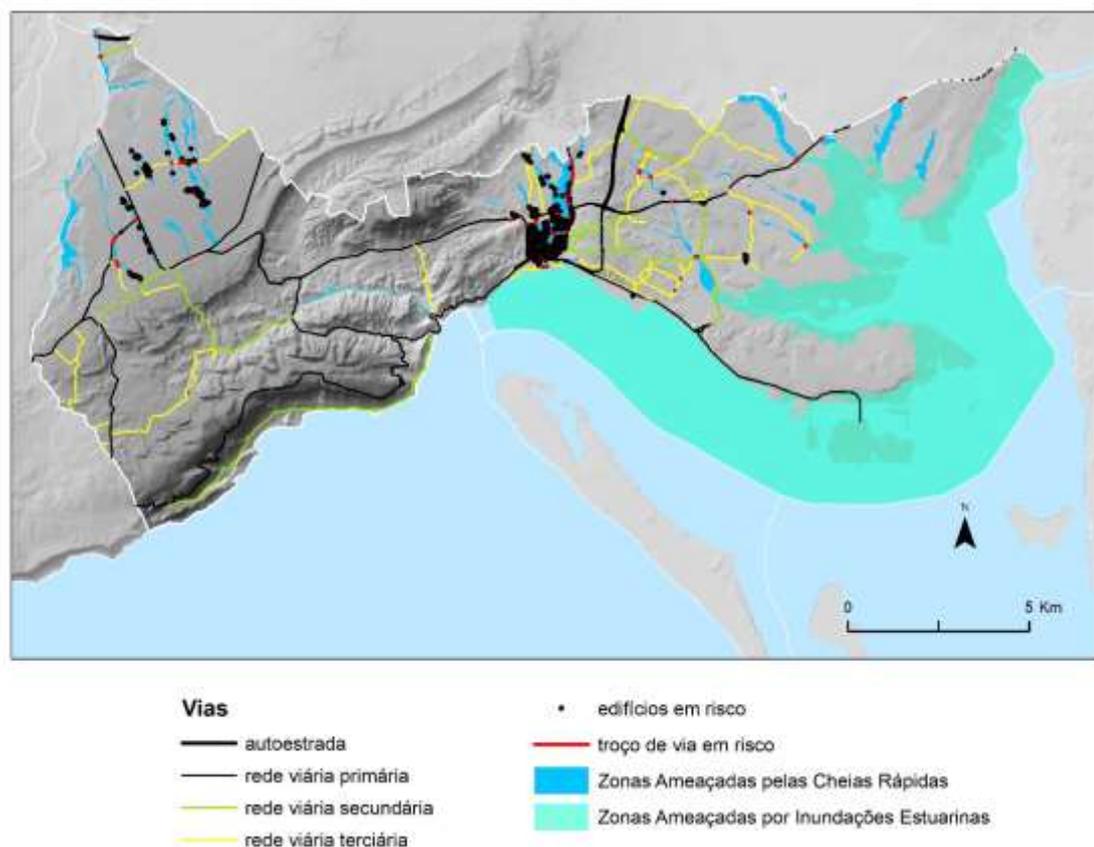


*Figura 2 – Elementos expuestos en zonas amenazadas por el mar en el municipio de Setúbal*

#### 4. EXPOSICIÓN EN ZONAS AMENAZADAS POR INUNDACIONES REPENTINAS

Las Zonas Amenazadas por Inundaciones repentinas (ZAC) se extienden por 6,6 km<sup>2</sup>, con énfasis en la zona de inundación de la Ribeira do Livramento. Este arroyo atraviesa la ciudad de Setúbal, de norte a sur, la mayor parte de su longitud subterráneo.

Los edificios y tramos de carretera expuestos al riesgo de inundación por crecida repentina se muestran en la figura 3.



*Figura 3 – Edifícios residenciais y carreteras expuestas en zonas amenazadas por inundaciones repentinas en el municipio de Setúbal*

Se identificaron un total de 1517 edificios situados en zonas de inundación amenazadas por crecidas repentinas, principalmente en el centro de la ciudad de Setúbal (1351 edificios en riesgo), en el lecho de inundación de la Ribeira do Livramento, y en Brejos de

Azeitão (158 edificios), en la parte NO del municipio, en los lechos de inundación de los pequeños arroyos afluentes del Vala Real.

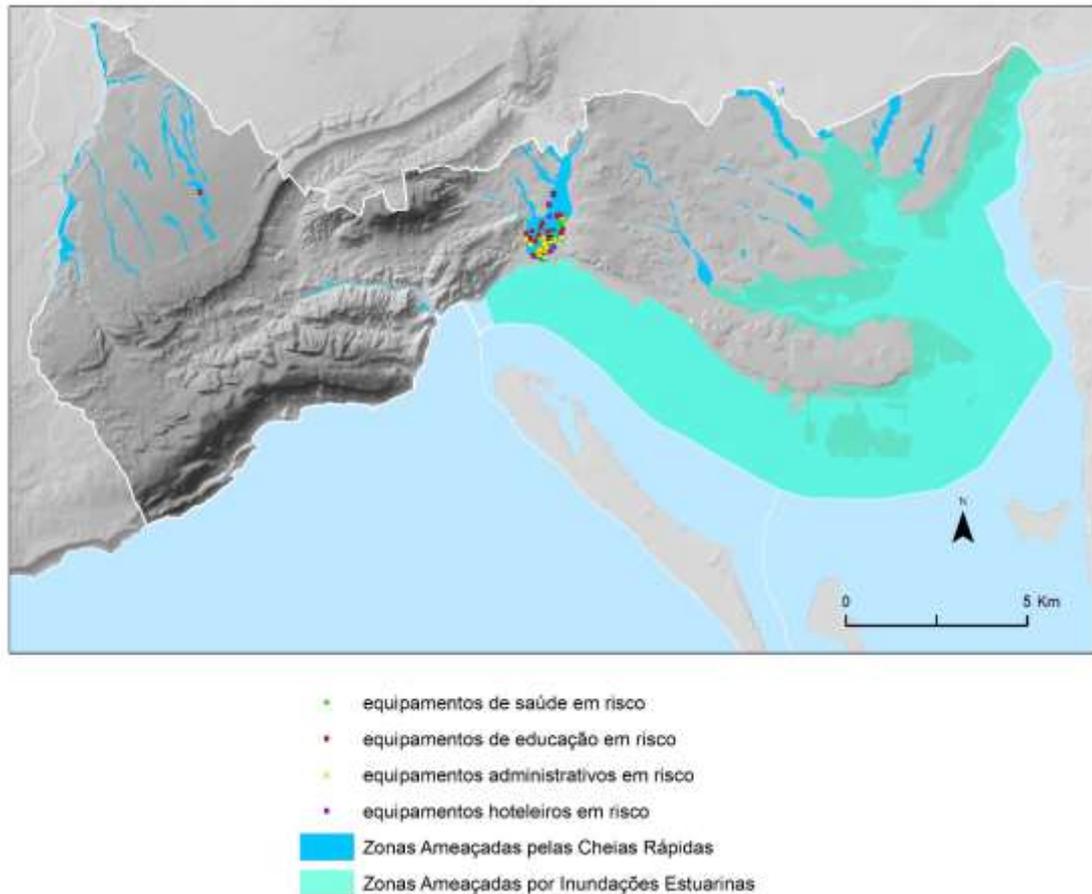
Los edificios en riesgo corresponden a 71.516 viviendas y una población expuesta estimada en 12.447 individuos. La población expuesta se encuentra principalmente en Setúbal, en la llanura de inundación de la Ribeira do Livramento (12.009 individuos), mientras que en Brejos de Azeitão el número de residentes expuestos asciende a 424.

En total, se identificaron 116 instalaciones estratégicas, vitales y sensibles expuestas a inundaciones repentinas, situadas principalmente en la ciudad de Setúbal. La figura 4 representa la distribución de los equipamientos sanitarios, educativos, administrativos y hoteleros.

Hay dos instalaciones sanitarias expuestas (la unidad de salud familiar Luísa Tody y la extensión sanitaria Bonfim) y cuatro establecimientos hoteleros.

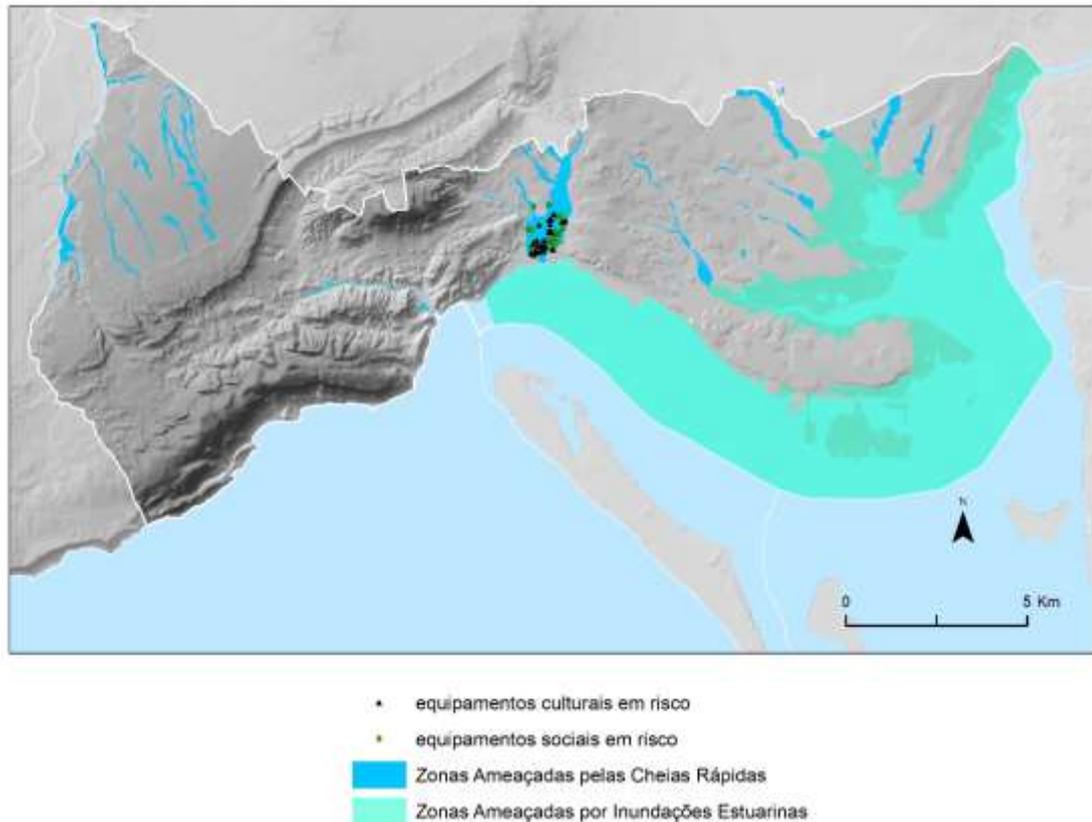
En cuanto a las instalaciones educativas, se identificaron 17 elementos expuestos, entre ellos 13 escuelas primarias, guarderías y/o jardines de infancia, donde la corta edad de los niños presentes agrava el riesgo. Casi todas estas instalaciones (16 casos) se encuentran en la ciudad de Setúbal, en la llanura de inundación de la Ribeira do Livramento.

Hay 25 instalaciones administrativas y de protección civil expuestas al riesgo de inundación repentina, todas ellas situadas en la ciudad de Setúbal. Destacamos 11 edificios del Ayuntamiento de Setúbal, entre los que se encuentran el Ayuntamiento y el edificio donde funcionan los servicios técnicos; y 4 edificios de la Policía de Seguridad Pública, entre los que se encuentran la sede del mando y la sección de tráfico.



*Figura 4 – Equipamiento sanitario, educativo, administrativo y hotelero expuesto en las zonas amenazadas por las inundaciones repentinas (flash floods) en el municipio de Setúbal*

La figura 5 representa la distribución de los equipamientos culturales y sociales. Se identificaron otros 32 equipamientos culturales y 36 equipamientos sociales que se solapan con las zonas amenazadas por las inundaciones repentinas, todos ellos en la ciudad de Setúbal y en la zona de influencia de las inundaciones de la Ribeira do Livramento. En el caso de los equipamientos sociales, destacan dos residencias de ancianos, propiedad de la Santa Casa da Misericórdia de Setúbal.



*Figura 5 – Equipamiento cultural y social expuesto en zonas amenazadas por inundaciones repentinas en el municipio de Setúbal*

Los tramos de carretera con riesgo de inundación por crecida rápida suman 53,3 km y corresponden esencialmente a la red primaria de carreteras (22,7 km), en gran parte dentro del perímetro urbano de la ciudad de Setúbal. La red de carreteras terciarias también se ve muy afectada por las inundaciones repentinas, en tramos con una longitud total de 17,4 km. En términos absolutos, las autopistas/autovías y las carreteras secundarias están menos afectadas por las inundaciones repentinas (más de 7,5 km y 5,7 km de longitud, respectivamente).

## **5. EXPOSICIÓN EN ZONAS AMENAZADAS POR LAS INUNDACIONES DE LOS ESTUARIOS**

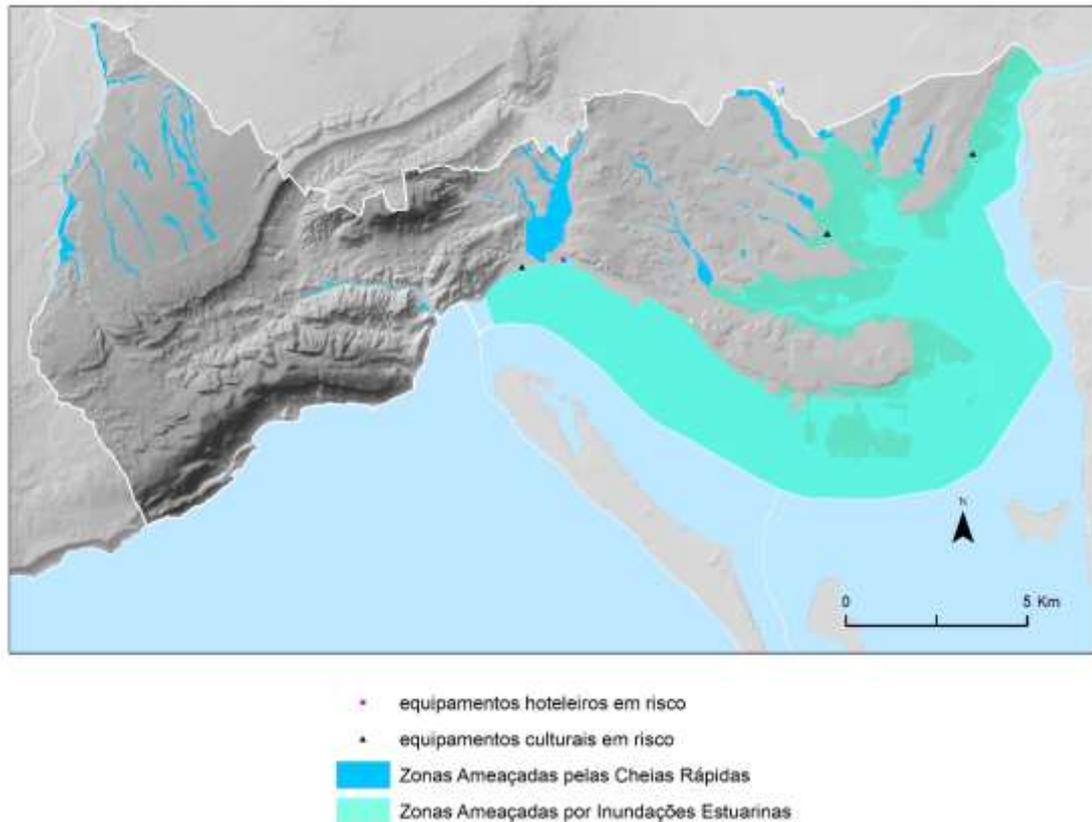
Las Zonas Amenazadas por Inundación de Estuario (ZIE) ocupan 71,8 km<sup>2</sup> en el municipio de Setúbal, y una parte importante de esta área corresponde al cauce del río Sado.

Los edificios y carreteras expuestos al riesgo de inundación del estuario se representan en la figura 6.

Se identificaron cuatro edificios situados en zonas amenazadas por las inundaciones del estuario, que corresponden a 6 viviendas y albergan una población estimada de 21 individuos. Estos edificios están situados en Faralhão, en la parte oriental del municipio de Setúbal, en el entorno occidental del estuario del Sado.

También expuestos a las inundaciones del estuario, se encuentran 4 instalaciones culturales y un equipamiento hotelero, destacando un museo en un molino de mareas.

Los tramos de carreteras con riesgo de inundación de la ría suman 1,1 km y corresponden principalmente a la red primaria de carreteras (0,7 km), incluida la carretera de acceso a las instalaciones de reparación de buques de Lisnave. Las autopistas/autovías expuestas a las inundaciones en la ría se extienden a lo largo de 0,3 km, mientras que la exposición de la red de carreteras secundarias y terciarias es residual.

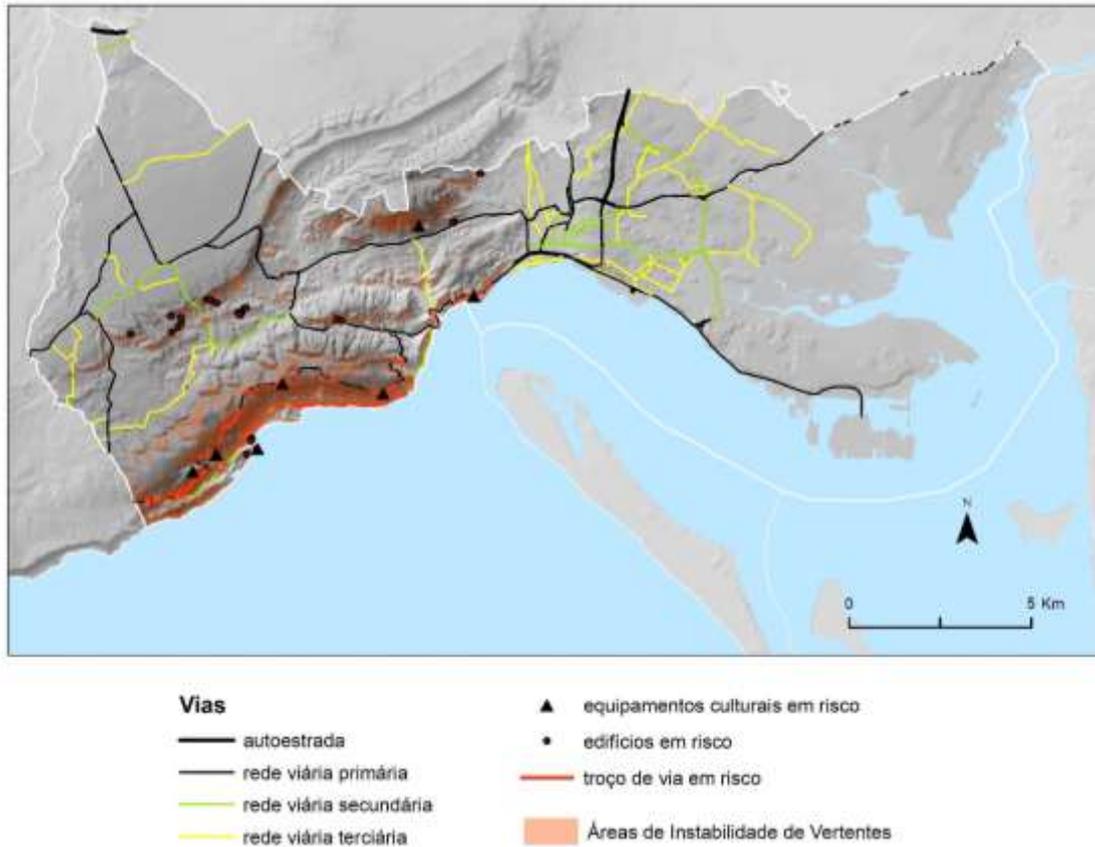


*Figura 6 – Elementos expostos em zonas ameaçadas por las inundaciones estuariales en el municipio de Setúbal*

## 6. EXPOSICIÓN EN ZONAS DE INESTABILIDAD DE LADERAS

Las Áreas de Inestabilidad de Ladera (AIV) abarcan 14,2 km<sup>2</sup> en el municipio de Setúbal, con énfasis en la zona de la sierra de Arrábida, es decir, las laderas de los montes Formosinho y S. Luís y la ladera expuesta del norte de la sierra de S. Francisco.

Los edificios y carreteras expuestos al riesgo de inestabilidad de los taludes se representan en la figura 7.



*Figura 7 – Elementos expuestos en zonas de inestabilidad de laderas en el municipio de Setúbal*

Se identificaron 27 edificios residenciales expuestos, correspondientes a 27 viviendas y una población estimada de 20 individuos. Estos edificios están situados en la parte occidental del municipio, en la zona de Arrábida, con énfasis en la vertiente norte de las montañas de S. Francisco y Vale da Rasca. En Portinho da Arrábida también se identifica un grupo de 4 edificios expuestos al riesgo de inestabilidad de los taludes.

Además, se identificaron 7 equipamientos culturales expuestos, destacando el Museo Oceanográfico Luiz Gonzaga, en la Fortaleza de Santa Maria, Portinho da Arrábida.

Los tramos de carreteras con riesgo de inestabilidad de laderas suman 15,7 km y corresponden principalmente a tramos de redes de carreteras primarias y secundarias (8,9 km y 6,8 km,

respectivamente). Destaca la carretera de acceso a las playas de Figueirinha, Galápos y Portinho da Arrábida, así como la carretera de montaña de Arrábida (N379-1). No hay autopistas ni autovías amenazadas por este tipo de peligro y la longitud de la red de carreteras terciarias expuesta es residual (sólo 0,1 km).

## 7. CONCLUSIONES

El cuadro 3 resume los resultados de la evaluación de la exposición a la erosión costera/inflamación oceánica, a las inundaciones repentinas, a las inundaciones estuarinas y a los movimientos de masas en las laderas del municipio de Setúbal, situado en el área metropolitana de Lisboa.

*Tabla 3 – Síntese dos Elementos Expostos ao Risco no município de Setúbal.*

	Elementos em risco	ZAM	ZAC	ZIE	AIV	Total
	Edifícios (n)	20	1517	4	27	1568
	Alojamentos (n)	24	7516	6	27	7573
	População residente (n)	4	12447	21	20	12492
Equipamentos estratégicos, vitais e sensíveis	Equipamentos de administração e ligados à proteção civil (n)	0	25	0	0	25
	Equipamentos de saúde (n)	0	2	0	0	2
	Equipamentos de educação (n)	0	17	0	0	17
	Equipamentos sociais (n)	0	36	0	0	36
	Equipamentos culturais (n)	1	32	4	7	44
	Equipamentos hoteleiros (n)	0	4	1	0	5
		Autoestradas e vias rápidas (km)	0,00	7,50	0,32	0,00
Vias	Rede viária primária (km)	0,70	22,70	0,70	8,88	32,99
	Rede viária secundária (km)	1,58	5,68	0,08	6,75	14,09
	Rede viária terciária (km)	0,01	17,44	0,00	0,10	17,55

En total, hay 1.568 edificios residenciales en riesgo, correspondientes a 7.573 viviendas y una población estimada de 12.492 personas. En este sentido, las inundaciones repentinas destacan como el principal peligro, ya que representan el 96,8% de todos los edificios expuestos y más del 99% de las viviendas y la población expuesta en el municipio de Setúbal. La exposición de edificios y viviendas es similar en las Zonas de Inestabilidad de

Laderas y en las Zonas de Amenaza Marítima, pero la población residente expuesta es mayor en el caso del AIV. En términos comparativos, la exposición es menor ante el riesgo de inundación estuarina.

Las instalaciones estratégicas, vitales o sensibles expuestas al riesgo en el municipio de Setúbal ascienden a 129 y se dividen en 6 categorías. Los equipamientos culturales, sociales y administrativos y los relacionados con la protección civil son los mayoritarios en cuanto a exposición al riesgo (44, 36 y 25 respectivamente). Además, están en riesgo 17 equipos de educación, 5 equipos de hotelería y 2 equipos de salud. Cerca del 90% de los equipos estratégicos, vitales y sensibles expuestos se encuentran en zonas amenazadas por las rápidas inundaciones, principalmente en el centro de la ciudad de Setúbal, en el lecho de inundación de la Ribeira do Livramento.

En total, hay 72,5 km de tramos de carretera en riesgo en el municipio de Setúbal. La mayor parte de estas carreteras pertenecen a la red primaria (33 km), seguida de las redes terciaria y secundaria (17,6 km y 14,1 km, respectivamente). Los tramos de autopista/autovía en riesgo son más cortos (7,8 km). Alrededor del 74% de todas las carreteras en riesgo están expuestas a inundaciones repentinas (53,3 km). Igualmente relevante es la longitud de las carreteras expuestas a movimientos en masa en las laderas (15,7 km), principalmente en la zona de Arrábida.

## REFERENCIAS

Garcia, R.A.C.; Oliveira, S.C.; Zêzere, J.L. (2016) - Assessing population exposure for landslide risk analysis using dasymetric cartography. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16 (12), p. 2769-2782. Doi:10.5194/nhess-16-2769-2016

Julião, R. P.; Nery, F.; Ribeiro, J. L.; Branco, M. C.; Zêzere, J. L. (2009) – Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) de base municipal. Autoridade Nacional de Protecção Civil. Lisboa.

Oliveira, S.C.; Garcia, R.A.C.; Zêzere, J.L. (2020) - *Geomorphological Hazards, Land Use Planning and Emergency Management*.

In Landscapes and Landforms of Portugal, Vieira, Zêzere and Mora (Eds.), Springer, Cham, p. 73-80.

Oliveira, S.C.; Zêzere, J.L.; Guillard-Gonçalves, C.; Garcia, R.A.C.; Pereira, S. (2017) - Integration of Landslide Susceptibility Maps for Land Use Planning and Civil Protection Emergency Management, Sassa, K.; Mikos, M.; Yin Y (eds.), Advancing Culture of Living with Landslides, Vol. 1, Springer Open, p. 543-553. DOI 10.1007/978-3-319-59469-9\_49