

## **APLICAÇÃO DE UMA METODOLOGIA SIG NA DEFINIÇÃO DE UM PLANO ESTRATÉGICO PARA A AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE SOLOS EM AMBIENTE URBANO-INDUSTRIAL**

M. G. BRITO <sup>1</sup>; C. N. COSTA; G. AVILLENZ;  
M. LOPES; D. VENDAS; H. VARGAS; P. H. VERDIAL

**Resumo** – Apresenta-se um modelo SIG para a avaliação de locais prioritários para investigação da contaminação de solos em áreas urbano-industriais, numa fase de diagnóstico, de forma a integrar uma estratégia de descontaminação de solos no planeamento e ordenamento do território.

É desenvolvida uma metodologia de análise, que estabelece um sistema simples de classes de prioridade, atendendo aos níveis de informação que descrevem a situação ambiental do território e tendo em conta o tipo de fonte de contaminação e as características do meio envolvente (receptores). O resultado da aplicação é um mapa de *diagnóstico*, base de decisão para posteriores trabalhos de investigação e actividades de remediação.

**Palavras-chave** : SIG, contaminação de solos, impacte ambiental, critérios de prioridade ambiental, avaliação e diagnóstico ambiental.

**Abstract** – ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT USING GIS AT URBAN INDUSTRIAL SITES. The aim of this paper is to present a practical experience that uses GIS methodology for environmental impact assessment on industrial activity in Portugal.

A conceptual environmental model was used to evaluate and rank areas of risk, taking into account the source of contamination (industrial sites), the biophysical receptors (contamination transmitter) and the anthropological receptors (target).

Due to lack of information related to industrial sites, it was necessary to define simple environmental criteria to be used as a primary environmental guide for further investigation phases.

Each site (source) is characterized by environmental criteria and categorized by an index that summarises potential contamination impact as a pollutant source. Identically, biophysical media and anthropological receptors are classified and categorized by index values to account for the susceptibility of the receptors.

In order to identify priority investigation sites, a GIS model (Arcview 3.2) was developed that integrates environmental parameters in two stages:

---

<sup>1</sup> Assistente, CIGA/FCT/UNL. Monte de Caparica, 2829-516 Caparica-Portugal. Tel/Fax: +351 212 948 349. E-mail: mgb@fct.unl.pt

- 1<sup>st</sup> stage – corresponds to the individual evaluation of each environmental attribute (sources, biophysical receptor and anthropological receptors) by the weighted integration of respective criteria. Output results give the environmental status on (i) site potential contamination, (ii) site biophysical susceptibility and (iii) evaluation of local risk, if contamination occurs.
- 2<sup>nd</sup> stage – corresponds to the evaluation of priority risk areas by the integration and weighting of the individual 1<sup>st</sup> stage results. Depending on weighting factors, each output is a scenario of the site environmental status, where the highest index values indicate sites where further investigation is a priority.

The final result is a diagnosis environmental map, which is the decision basis for future site investigation and remediation development.

This methodology was applied to the first case study in Portugal - Seixal Municipality, a suburban of Lisbon and one of the most industrialized and polluted areas.

**Key words** : GIS, soils contamination, environmental impact, environmental priority criteria, environmental evaluation and diagnosis.

**Resumé** – UNE MÉTHODE SIG POUR ÉVALUER LA CONTAMINATION DES SOLS EN MILIEU URBAIN INDUSTRIALISÉ. La méthode d'analyse présentée est un système simple, destiné à établir des classes de priorité selon les niveaux d'information qui existent sur les sources de contamination du milieu biophysique. L'absence d'information concernant les sites industriels oblige à définir les critères environnementaux qui pourront guider vers des phases de recherche plus avancées.

Les sources de contamination et les milieux récepteurs ont donc été classés par catégories, selon des critères environnementaux permettant d'apprécier leur potentiel de contamination ou leur susceptibilité réceptrice.

Le modèle SIG cherche à identifier les lieux de recherche prioritaires. Les résultats obtenus sont présentés sous forme d'une carte de diagnostic environnemental, qui doit permettre de décider des travaux de recherche et de récupération à effectuer.

**Mots-clés** : Contamination des sols, impact environnemental, critères environnementaux prioritaires, diagnostic environnemental.

## I. INTRODUÇÃO

A ausência de um Plano Estratégico de abordagem integrada da problemática da contaminação dos solos e águas subterrâneas em Portugal é uma das maiores lacunas da actual Política de Ambiente, não obstante o seu papel integrador face às linhas estratégicas do Plano Nacional de Desenvolvimento Económico e Social 2000-2006 (PNDES), no que respeita aos objectivos prioritários: (i) Gestão sustentável dos recursos naturais; (ii) Protecção e valorização ambiental do território; (iii) Conservação da natureza e protecção da biodiversidade e da paisagem e (iv) Integração do ambiente nas políticas sectoriais.

A maior parte dos países da UE tem uma abordagem sistemática de identificação dos sítios contaminados (indústrias, locais de deposição de resíduos, ou mesmo instalações militares). Numa base regional (NUTS2), Portugal é dos raros países (a par da Grécia) que não figura no Registo de Sítios Contaminados (PROKOP *et al.*, 1998). De acordo com os mesmos autores e a título de exemplo, refira-se que a Espanha tinha identificados, já em 1998, 370 sítios contaminados e 4 900 sítios potencialmente contaminados, prevendo que os custos de tratamento ascendessem a 800 milhões de euros para a limpeza de 38 Mm<sup>3</sup> de solo e 9 Mm<sup>3</sup> de águas subterrâneas. Já para o Reino Unido, país com um longo passado industrial, apontam-se cifras que podem ascender de 13-39 mil milhões de euros para a recuperação de mais de 100 000 sítios potencialmente contaminados e cerca de 10 mil com contaminação identificada, correspondentes a cerca de 10 000 ha. Em Portugal ainda não se conhece a real dimensão do problema e são raros os exemplos de estudo e tratamento de sítios contaminados, alguns ainda na fase de levantamento. No entanto, uma primeira estimativa muito grosseira (ECOSOLOS, 2000), aponta para custos de descontaminação da ordem de 500 a 1000 milhões de euros, correspondentes a cerca de 22 000 locais potencialmente contaminados, excluindo minas, lixeiras, e contaminações provocadas pela actividade agrícola.

Tendo em vista dar uma contribuição para a resolução desta problemática numa base regional, o Centro de Investigação em geociências Aplicadas (CIGA) propôs à Câmara Municipal do Seixal uma metodologia, que visava a avaliação e hierarquização dos locais que apresentam maior risco de contaminação dos solos do concelho, numa fase preliminar de diagnóstico do estado do Ambiente (COSTA *et al.*, 2001).

## II. METODOLOGIA

A abordagem metodológica proposta baseia-se no modelo conceptual de contaminação (PETTS *et al.*, 1997). Este modelo (fig. 1), é visto como um sistema *Fonte vs. Receptor*, onde o item *Fonte* representa os locais (sítios), que são origem da poluição e *Receptor* compreende os atributos ambientais do meio biofísico (receptores primários) e os atributos do meio antrópico (receptores secundários), numa perspectiva de avaliação do risco.

Para a construção do modelo conceptual do SIG, cada um dos conjuntos de entidades (fontes e receptores) é ponderado em função da sua importância,

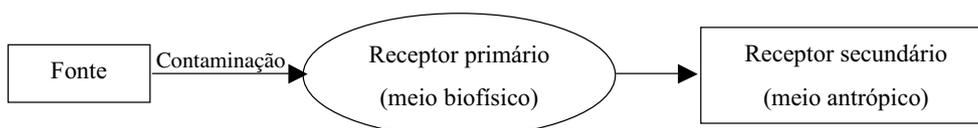


Fig. 1 – Modelo conceptual de contaminação.

*Fig. 1 – Conceptual model for contamination.*

primeiro separadamente e depois de forma integrada (modelo final resultante da combinação dos anteriores), tendo em vista a definição dos riscos inerentes à contaminação.

Assim, o Modelo SIG Conceptual é desenvolvido em duas etapas:

- 1.<sup>a</sup> etapa – Avaliação individual de cada um dos sub-sistemas *fontes, receptores do meio biofísico e receptores do meio antrópico*. Nesta etapa procede-se à categorização e ponderação de todos os locais/fontes de contaminação, áreas de receptores biofísicos e antrópicos. Cada local é classificado por um índice, onde os valores mais altos correspondem aos locais que apresentam maior potencial de contaminação face às características da *fonte*, ao meio biofísico envolvente em termos de vulnerabilidade/susceptibilidade do *receptor/transmissor* à poluição, e ainda ao risco de exposição dos *receptores* antropogénicos.
- 2.<sup>a</sup> etapa – Avaliação das áreas de maior risco no concelho, tendo por base operações aritméticas de soma e multiplicação para o cálculo da média ponderada dos resultados obtidos pela avaliação dos sub-sistemas *fontes/receptores biofísicos/receptores antrópicos*, em estrutura matricial. O resultado final é uma matriz que traduz, através de um índice, os valores mais elevados correspondentes às áreas prioritárias para intervenção.

Para a 1.<sup>a</sup> etapa do modelo conceptual foi desenvolvido um *método de avaliação individual (MI)* aplicado à área de estudo, que pode ser expresso pela seguinte equação:

$$MI = \sum_{i=1}^N (C_i \times P_i) \quad (\text{eq. 1})$$

$i$  – número de critérios descritores, 1 a  $N$ ;

$C_i$  – valor da classe do critério  $i$  de avaliação do modelo;

$P_i$  – peso atribuído ao critério  $i$ .

A partir deste modelo individual foram aplicados três sub-modelos: (i) *modelo das fontes (MF)* – caracterização e avaliação do *potencial de impacto à contaminação*; (ii) *modelo dos receptores biofísicos (MB)* – avaliação do grau de susceptibilidade do meio biofísico como receptor primário e transmissor da contaminação face a uma fonte de poluição e, por fim, um terceiro modelo; (iii) *modelo dos receptores antrópicos (MA)* – avaliação do grau de susceptibilidade do meio antrópico, como receptor secundário das fontes de contaminação.

A 2.<sup>a</sup> etapa do modelo consiste na soma ponderada dos resultados dos modelos individuais do sistema. O resultado é um mapa de valores numéricos, que representa, para cada local, o grau de prioridade de intervenção, tendo

em conta o impacto das potenciais fontes de poluição nos meios biofísico e antrópico. O *modelo final de locais prioritários (MFP)* pode ser expresso pela equação:

$$MFP = \sum_{i=1}^S (MI_i \times F_i) \quad (\text{eq. 2})$$

- $S$  – número de elementos no sistema (1 a 3 – 1 (fonte de poluição),  
2 (receptor meio biofísico) e 3 (receptores antrópicos);  
 $i$  – elementos do sistema;  
 $MI_i$  – resultados individuais de cada elemento  $i$ ;  
 $F_i$  – factor de ponderação para cada elemento  $i$  do sistema.

### III. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO

Para a quantificação do risco associado a um determinado local ou sítio potencialmente contaminado, foram definidos parâmetros de classificação para as *fontes de contaminação* (sítios ou locais) e parâmetros de descrição do meio envolvente, ou *receptores* (biofísicos e antrópicos), que permitem, através da atribuição de pontuação, de acordo com critérios de protecção ambiental, avaliar e hierarquizar os diferentes níveis de prioridade de intervenção face às características de cada local. Assim, cada entidade (*fontes e receptores*) é descrita por um conjunto de parâmetros categorizados em classes, de acordo com o grau de perigosidade, no caso das fontes, e com o grau de vulnerabilidade e protecção do meio, no caso dos receptores.

O meio biofísico é considerado simultaneamente como receptor primário, enquanto factor primordial de qualidade de vida, e como meio transmissor ou barreira, consoante a sua função relativamente ao trajecto da contaminação.

O estabelecimento dos critérios de prioridade para caracterização dos locais foi feito com base na avaliação e adaptação de critérios utilizados por outros autores em trabalhos similares (JESUS-RYDIN, 2000), de investigação de locais contaminados em fases preliminares de avaliação.

#### 1. Caracterização das fontes

Foi definido um conjunto de critérios/parâmetros capazes de avaliar o *potencial impacto de contaminação (PIC)* de um determinado local. Pretende-se desta forma que cada local (potencial fonte de contaminação) possa ser avaliado, com base em informação expedita, não analítica e de baixo custo, situação corrente numa fase preliminar de diagnóstico.

Consideraram-se os seguintes critérios para a caracterização do *potencial impacto de contaminação* das fontes:

- a) *Potencial de contaminação/Estado de conhecimento* – caracteriza a fonte em termos de uma presumível perigosidade que se assume tendo em conta a informação disponível nomeadamente em termos de: (i) tipo de actividade – com vista à identificação do tipo de contaminação<sup>2</sup> expectável ou produzida por uma determinada indústria (TCHOBANOGLIOUS *et al.*, 1993) e (ii) vestígios de acidentes/incidentes – obtidos através de relatos históricos ou levantamento/observação *in loco* ou observação de fotografia aérea.
- b) *Características espacio-temporais e complementares* – a avaliação das características espacio-temporais e complementares do local considera parâmetros relacionados com a integração espacial do local (adequabilidade de localização), sua extensão (dimensão), histórico (tipo de actividade, passado e presente) e capacidade de gestão (gestão de resíduos), independentemente do seu potencial de contaminação.

Pretende-se com estes critérios que cada local possa ser avaliado a partir do mínimo de informação disponível, numa fase preliminar de diagnóstico.

## 2. Caracterização dos receptores do meio biofísico

Na dupla função de receptor/transmissor foram seleccionadas as seguintes características do meio biofísico ou primário: (i) atributos relacionados com a água: hidrológicos (linhas de água) e hidrogeológicos (importância e vulnerabilidade do aquífero); (ii) alguns atributos relacionados com o uso e protecção do solo: uso ecológico (REN) e uso agrícola (RAN) e (iii) atributos relacionados com a geologia sub-superficial em termos de *sensibilidade do meio/grau de protecção* conferido ao substrato.

## 3. Caracterização dos receptores do meio antrópico

Relativamente aos receptores secundários ou antrópicos, foram considerados critérios de protecção relacionados com a exposição à contaminação, mediante os seguintes meios: (i) ingestão (consumo de água); (ii) contacto/inalação/impacte visual. Para o primeiro, consideram-se como receptores antrópicos, por excelência, as captações susceptíveis de fornecerem abastecimento público. Para os segundos, consideraram-se as áreas públicas mais frequentadas (praças, mercados, escolas, hospitais) e um índice que mede a densidade demográfica (hab./ha por lugar).

---

<sup>2</sup> Standard Industrial Classification Manual, 1972; *in* TCHOBANOGLIOUS, G. *et al.* (1993).

#### IV. CASO DE ESTUDO

##### 1. Caracterização da área de estudo

O concelho do Seixal ocupa uma área de 94,6 km<sup>2</sup>, localiza-se no distrito de Setúbal, margem sul do rio Tejo e faz fronteira com os concelhos de Almada, de Sesimbra e do Barreiro.

Em termos históricos, a instalação de indústrias no concelho do Seixal remonta à segunda metade do século XIX. O Seixal atraíu unidades fabris de transformação de cortiça e preparação de peixe. A instalação da Siderurgia Nacional e a ligação rodoviária a Lisboa em 1966 introduziram uma nova dinâmica ao sector empresarial do concelho, conduzindo à instalação de um grande número de indústrias. O exercício da actividade industrial gerou um passivo ambiental muito significativo, agravado, ainda, pelos riscos potenciais que a falta de um adequado processo de recuperação ambiental das áreas abrangidas pode trazer para as populações e para os ecossistemas envolventes.

O reconhecimento da gravidade da situação, associado ao rápido crescimento dos pólos urbanos do concelho, levou à necessidade de encontrar os meios que permitissem, numa fase de diagnóstico, uma avaliação do estado do ambiente do concelho com vista à reposição do equilíbrio ambiental das áreas mais afectadas, designadamente aquelas que hoje se encontram em estado de degradação e abandono.

Assim, para o concelho, foram inventariados 384 locais, áreas industriais ou com actividade económica, activas ou inactivas, abandonadas ou reconvertidas: sítios que, pelas suas características e actividade histórica, foram considerados como potenciais fontes de poluição.

A inventariação e selecção (catalogação e estruturação) dos dados recolhidos foi efectuada com base numa «*Check-list* para Estudos Preliminares» (JESUS-RYDIN, 2000), após revisão e adaptação à realidade da informação disponível no concelho. Os locais foram classificados segundo os critérios descritos no capítulo anterior. Cada classe é representada por um valor numérico (pontuação), correspondendo o valor mais elevado à situação mais desfavorável. As classes e pontuação definidas, bem como os pesos atribuídos aos critérios de classificação resultaram de resolução de uma comissão de avaliação constituída maioritariamente por uma comissão de peritos exteriores<sup>3</sup> à entidade responsável pelo estudo.

##### 2. Avaliação do potencial de contaminação das fontes

A avaliação do potencial de impacte à contaminação dos locais inventariados resultou da aplicação do *modelo das fontes (MF)* (eq. 1) sobre a informação

---

<sup>3</sup> Dois técnicos do Danish Technological Institute (Eng.<sup>a</sup> Cláudia de Jesus-Rydin e Dr. Stefan Rydin), um consultor independente (Eng.<sup>a</sup> Madalena Presumido) e dois elementos da Câmara Municipal do Seixal, D.A.S.U.

categorizada em estrutura vectorial. As classes e pontuação definidas constam do Quadro I.

Quadro I – Critérios de classificação e ponderadores para as fontes.

Table I – Source weights and classification criteria.

Ponderador	Parâmetros	Classes	Pontuação	
3	(PC) Potencial de contaminação/estado de conhecimento	Provado	4	
		Identificado	3	
		Provável	2	
		Expectável	1	
		Não expectável	0	
2	(La) Localização (adequabilidade)	Parque industrial	0	
		Meio rural	1	
		Meio urbano/suburbano	2	
2	Características do Sítio	(D) Dimensão (área de implantação)	> 200ha	4
			20 – 200ha	3
			2 – 20ha	2
			0,2 – 2ha	1
			< 0,2ha	0
1	(EA) Estado Actividade	Activo	0	
		Reconvertido industrial	1	
		Reconvertido urbano	2	
		Abandonado/clandestino	3	
1	(GR) Gestão de resíduos	Sim	0	
		Não	1	

O resultado do **MF** é expresso por um valor que representa o *potencial impacte de contaminação (PIC)* do sítio/local. Os valores mínimo e máximo relativos do modelo teórico das fontes variam numa escala entre 0 e 28, sendo de 0 a 25 os correspondentes aos valores experimentais para os 384 locais definidos neste trabalho. Procedeu-se à categorização qualitativa do índice **PIC**, com base em classes de igual amplitude definidas pela escala teórica do índice (Quadro II). A figura 3 mostra a representação cartográfica do *potencial impacte de contaminação (PIC)* no concelho.

Quadro II – Classes de potencial impacte de contaminação (PIC).

Table II – Classes of potential contamination impact.

Valor do índice	PIC
< 6	baixo
6-10	médio/baixo
11-15	médio
16-20	médio/alto
>20	elevado

### 3. Avaliação do meio biofísico

Para a avaliação da susceptibilidade do meio biofísico procedeu-se à categorização, em estrutura matricial, da totalidade da área do concelho segundo os critérios descritos em III.2. O resultado da aplicação da equação 1 como modelo do *meio biofísico (MB)* resultou num mapa que traduz, num valor numérico (índice), o grau de susceptibilidade do meio biofísico.

A análise espacial de cada um dos locais resulta da intersecção (ou relação de pertença) do local com as áreas ocupadas pelos descritores do meio biofísico considerando o seu posicionamento relativo no interior de zonas definidas para os referidos descritores.

O Quadro III apresenta a categorização dos descritores do meio biofísico e respectivos ponderadores utilizados no modelo *MB*.

Quadro III – Critérios de classificação e ponderação dos receptores primários (meio biofísico).

Table III – Primary receptor classification criteria and weights.

Ponderador	Párametros			Classes		Pontuação
3	Água	Superficial	Linhas de água ( <i>LA</i> )	Faixa de protecção	Exterior	0
					Interior	1
	Subterrânea	Aquífero	Importância * ( <i>IA</i> )	Caudal específico	Z	0
				Captações/km <sup>2</sup>	O	1
			Vulnerabilidade* ( <i>VA</i> )	Índice <i>Drastic</i> <sup>4</sup>	N	2
					A	0
Profundidade tecto aquífero		M	1			
		E	2			
2	Solo	Uso Ecológico ( <i>REN</i> )		REN	Exterior	0
		Uso Agrícola ( <i>RAN</i> )			RAN	Interior
				Exterior		0
					Interior	1
1	Geologia de superfície ( <i>RAN</i> )				Menor sensibilidade	
				Maior sensibilidade		1

\* Toma-se o valor mais elevado do zonamento.

A pontuação obtida pelo modelo de análise, para cada sítio/local, apresentou valores entre 0 (mínimo) e máximo de 18. Tal como no caso anterior,

<sup>4</sup> Valor índice que traduz a vulnerabilidade dos aquíferos; relaciona a profundidade do aquífero (D-Depth) com a recarga do aquífero (R-Recharge), o material do aquífero (A), o tipo de solo (S), a topografia (T), o impacte da zona vadoza (I) e a conductividade hidráulica (C) (Lobo-Ferreira *et al.*, 1997)

procedeu-se à categorização qualitativa do índice **MB**, com base em cinco classes de igual amplitude: susceptibilidade baixa; média-baixa; média; média-alta e elevada (Quadro IV).

A figura 4 apresenta a representação cartográfica das classes de susceptibilidade do meio biofísico no concelho.

Quadro IV – Graus de susceptibilidade do meio biofísico (SMB).

Table IV – Biophysical susceptibility levels.

Valor do índice	Susceptibilidade
< 4	baixa
4-6	média/baixa
7-10	média
11-14	média/alta
> 15	elevada

#### 4. Avaliação do meio antrópico

A avaliação dos sítios prioritários em relação ao meio antrópico resultou do somatório dos valores de pontuação atribuídos às classes dos parâmetros descritores da *susceptibilidade do meio antrópico (SMA)*, pela aplicação da equação 1 (*modelo antrópico – MA*). O mapa do concelho foi classificado de acordo com as relações encontradas com os atributos do meio antrópico, mediante a intersecção (ou relação de pertença) com áreas pré-definidas para os descritores («perímetros» de protecção de *captações*<sup>5</sup> (**Cap**) e *áreas públicas (AP)* ou, com o zonamento, definido quanto à *densidade demográfica*<sup>6</sup> (**DM**), tal como ilustrado no Quadro V.

Quadro V – Critérios de classificação e ponderação dos receptores antrópicos.

Table V – Anthropic evaluation criteria.

Ponderadores	Pârametros	Classes	Pontuação	
3	<b>(Cap)</b> Captações	Perímetro protecção (400m)	Exterior	0
			Interior	1
3	<b>(AP)</b> Áreas públicas	Perímetro protecção (300m)	Exterior	0
			Interior	1
	<b>(DM)</b> Densidade demográfica	n.º de habitantes por hectare (hab/ha)	100 – 400	3
			10 – 100	2
1 – 10			1	
		0 – 1	0	

<sup>5</sup> Considerou-se um perímetro de protecção alargado de 400 metros, de acordo com o estipulado por lei (Dec.-Lei n.º 382/99) para formações porosas com aquíferos semi-confinados (que contém o raio de 350m definido para aquíferos confinados).

<sup>6</sup> Realizado com base no CENSOS 91.

Os valores encontrados pelo modelo para a totalidade dos sítios considerados variaram entre 0 e 5, extremos mínimos e máximos da escala, respectivamente. Os resultados do modelo são transformados numa variável qualitativa – *susceptibilidade do meio antrópico (SMA)*.

O mapa da figura 5 ilustra as classes de *susceptibilidade do meio antrópico (SMA)* no concelho (Quadro VI).

Quadro VI – Graus de susceptibilidade do meio antrópico (SMA).

Table VI – Anthropic susceptibility levels.

Valor do índice	Susceptibilidade
1	baixa
2	média/baixa
3	média
4	média/alta
5	elevada

## 5. Hierarquização dos locais para intervenção

Na 2.<sup>a</sup> etapa do modelo (eq. 2) foi feita a integração dos resultados dos modelos individuais do sistema (*MF*, *MB* e *MA*) obtendo-se assim o *modelo final de locais prioritários (MFP)*.

Foram experimentadas diversas combinações de ponderadores, depois de analisados os resultados por um painel de especialistas com conhecimento do terreno. Os ponderadores assumidos para o *MFP*, foram os constantes no Quadro VII.

Quadro VII – Ponderadores assumidos pelo modelo final (*MFP*).

Table VII – Weightings of the final model.

Modelo <i>MFP</i>	<i>MF</i>	<i>MA</i>	<i>MB</i>
Ponderadores	3	3	1

O valor máximo relativo assumido pelo modelo *MFP* é de 116 unidades e o mínimo de 0. A pontuação final obtida no modelo experimental apresentou valores que variam numa escala relativa entre 9 e 94 .

A figura 6 apresenta os locais classificados por ordem hierárquica de prioridade para intervenção, categorizados em cinco classes de prioridade, de igual amplitude: baixa; baixa-média; média; média-elevada e elevada.

Após identificados os locais prioritários para intervenção (ou seja, aqueles que necessitam de intervenção ambiental imediata face ao risco elevado), há que proceder à sua caracterização *in loco* de forma a recolher elementos para posterior remediação.

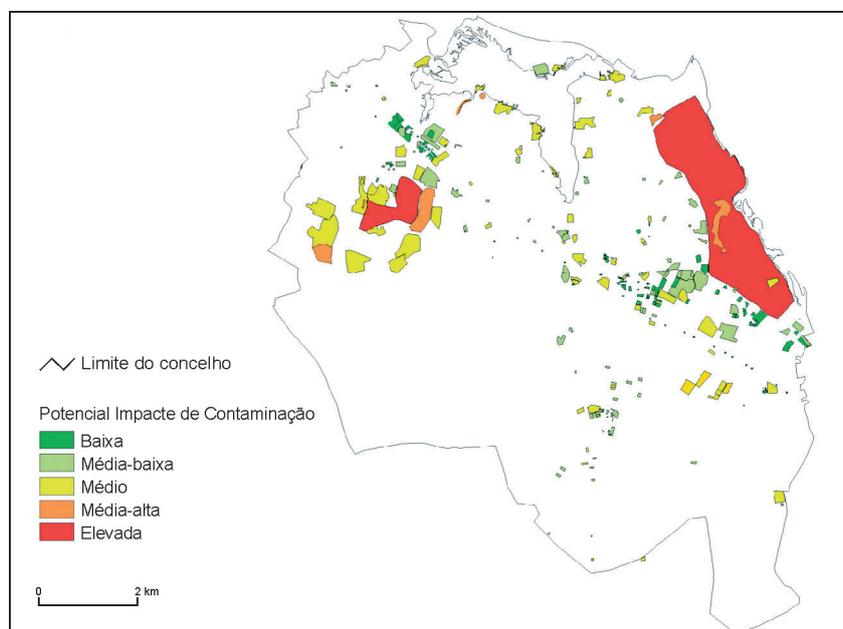


Fig. 2 – Potencial impacte de contaminação.

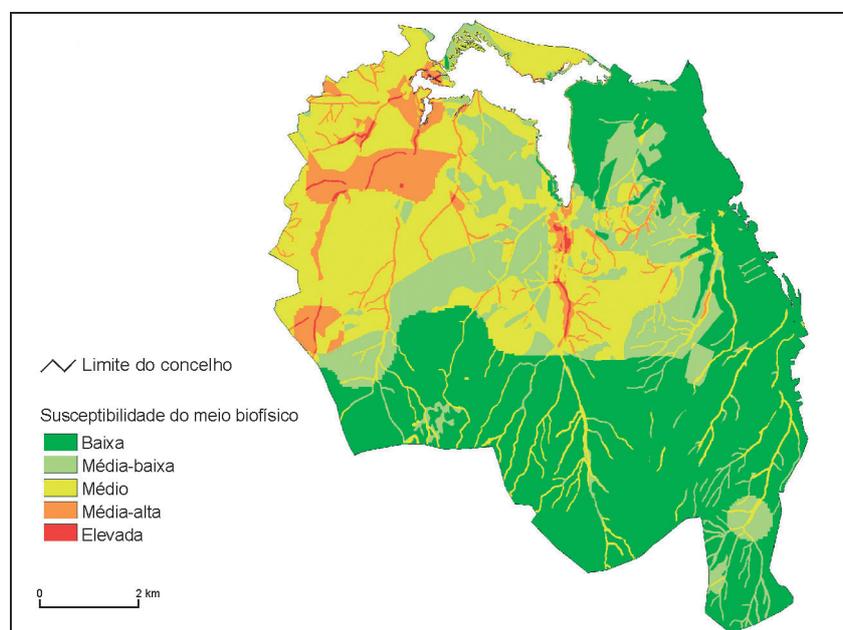
*Fig. 2 – Potential contamination impact.*

Fig. 3 – Grau de susceptibilidade do meio biofísico.

*Fig. 3 – Biophysical susceptibility level.*

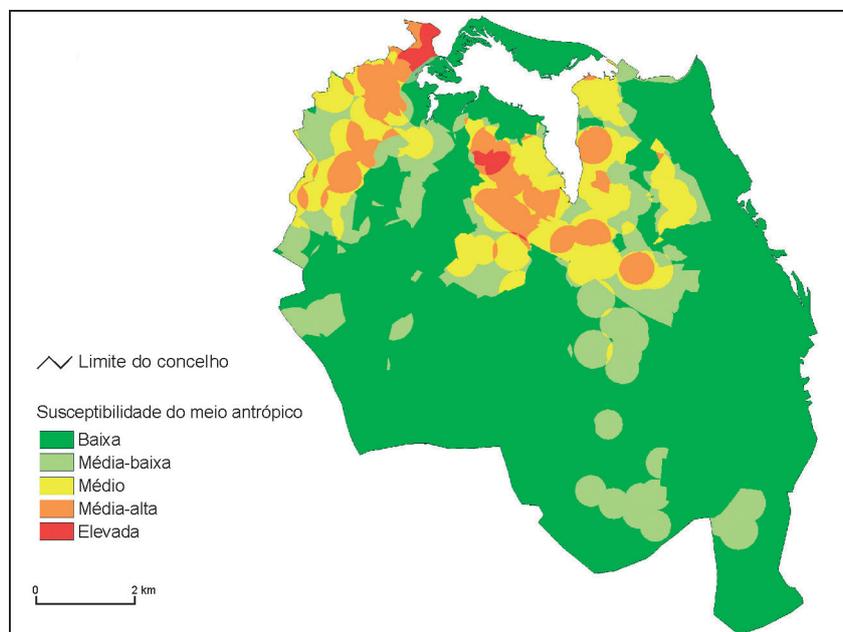


Fig. 4 – Grau de susceptibilidade do meio antrópico.

*Fig. 4 – Anthropic susceptibility level.*

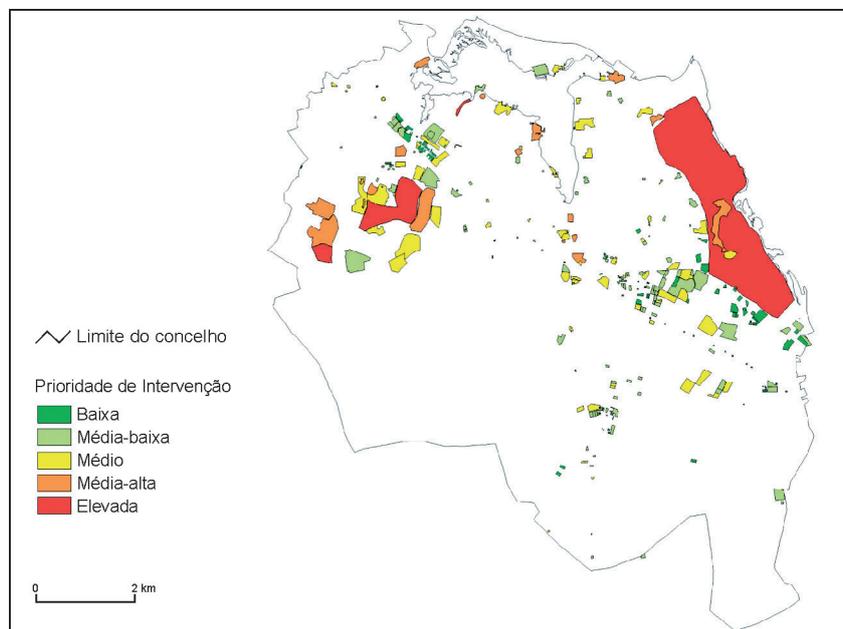


Fig. 5 – Hierarquização dos locais por prioridade de intervenção.

*Fig. 5 – Site priority ranking map.*

## V. CONCLUSÕES

A abordagem apresentada permitiu, de uma forma sistemática, definir parâmetros indicadores do potencial de poluição das *fontes*, de forma a avaliar o impacto das unidades industriais no *meio receptor* envolvido, ordenando por ordem de prioridade aqueles cuja situação se apresente como a mais desfavorável do ponto de vista de protecção ambiental.

A metodologia pode ser facilmente aplicável a outros concelhos, numa fase preliminar de diagnóstico, onde a informação disponível é escassa e heterogénea.

Após identificados os locais prioritários para intervenção o passo seguinte será proceder à sua caracterização *in loco* de forma a recolher elementos para posterior intervenção ambiental.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio e disponibilidade demonstrados pelos técnicos da Câmara Municipal do Seixal e pela AEERPPAS durante o desenvolvimento deste trabalho.

## BIBLIOGRAFIA

- CENSOS 91. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa.
- COSTA, C. N. *et al.* (2001) – *Plano Estratégico de Avaliação da Contaminação e Reabilitação dos Solos no Concelho do Seixal*. Relatório interno do CIGA. Câmara Municipal do Seixal (DASU), Portugal. 182 p.
- DIÁRIO DA REPÚBLICA (1999) – Dec.-Lei n.º 382/99, de 22 de Setembro. INCM, Lisboa.
- ECOSOLOS (2000) – *Inventário Preliminar de Áreas Potencialmente Contaminadas em Portugal*. IPE/REGIA: 1-3.
- JESUS-RYDIN, C. (2000) – Check-list para Estudos Preliminares, DTI. *In Plano Estratégico de Avaliação da Contaminação e Reabilitação dos Solos no Concelho do Seixal*, Anexo 3.1., Relatório interno do CIGA/Câmara Municipal do Seixal (DASU). 19 p.
- JESUS-RYDIN, C. (2000) – Manual de Critérios de Prioridade, DTI. *In Plano Estratégico de Avaliação da Contaminação e Reabilitação dos Solos no Concelho do Seixal*, Anexo 3.2., Relatório interno do CIGA/Câmara Municipal do Seixal (DASU). 41 p.
- LOBO-FERREIRA, J. P. e OLIVEIRA, M. M. (1997) – DRASTIC Groundwater Vulnerability Mapping of Portugal. *In Groundwater: An Endangered Resource. Proceedings* do tema C do 27th Congress of the International Association for Hydraulic Research. S. Francisco, USA, Agosto 1997. 8 p.
- PETTS, J.; CAIRNEY, T. e SMITH, M. (1997) – *Risk-Based Contaminated Land Investigation and Assessment*. John Wiley & Sons, New York. 352 p.
- PROKOP, G.; EDELGAARD, I.; SCHARMANN, M. e BONILLA, A. (1998) – *Contaminated Sites, Topic Report*. European Topic Centre Soil, Austrian Federal Environment Agency on behalf of European Environment Agency, Vienna. 140 p.
- TCHOBANOGLIOUS, G.; HILARY, T. e VIGIL, S. (1993) – *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw Hill, New York: 46-47.