

# C&S SIG

---

***UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE  
INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA  
CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE  
DRAGAGEM***

---

Maria Elisabete Ferreira Dias

---

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Sistemas de Informação Geográfica

---

Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação  
da Universidade Nova de Lisboa

**UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA  
NA CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE DRAGAGEM**

Dissertação orientada por

Professor Doutor Marco Octávio Trindade Painho

Janeiro de 2005

## AGRADECIMENTOS

Para expressar a minha gratidão e amizade, agradeço:

Ao Professor Doutor Marco Painho, por me ter orientado na realização desta dissertação, pelo seu apoio e voto de confiança. Pelo entusiasmo transmitido em todas as reuniões de trabalho.

Ao Dr. Gilberto Paixão, pela coorientação na realização da dissertação, apoio e, discussões permanentes. Por toda a amizade e apoio profissional.

Aos meus pais, por todo o apoio, suportando todos os custos inerentes ao desenvolvimento deste trabalho, permitindo-me ter uma licença sem vencimento para a sua conclusão.

Ao meu irmão e à Maria Aires, pelo apoio na conclusão deste trabalho.

Ao Professor José Brandão Silva pelas discussões tidas ao longo deste trabalho, sobre aspectos geológicos relevantes e, sedimentogénese costeira em geral. Pelo apoio e amizade.

Ao Eng. Alexandre Santos Ferreira, colega de trabalho no IPTM, pelas discussões várias sobre a aplicação dos SIG às actividades portuárias.

Ao Sr. José Magalhães, colega de trabalho na equipa SIG do IPTM, pelo apoio e entusiasmo transmitido em todas aquelas vezes em que me chamou de “pinguinho” e, pela paciência nas discussões “cartográficas”.

Às minhas colegas de mestrado e amigas: Madalena Mota, Helena Gomes e Paula Campos, pelos trabalhos de grupo que realizamos juntas e que contribuíram para a realização desta dissertação. Por todo o apoio, solidariedade e amizade.

Ao meu amigo Armando Pedro, pela paciência na revisão das fórmulas matemáticas apresentadas e, todas as discussões relativas aos interpoladores.

Ao Dr. João Cunha, responsável pelo desenvolvimento e implementação do sistema SIG da Delegação Sul do IPTM, por todo o apoio e sugestões nas várias discussões no âmbito dos SIG.

Ao Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM) que, autorizou a utilização de dados portuários para a implementação do caso de estudo, bem como a alteração do horário de trabalho durante quatro meses.

# UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE DRAGAGEM

## RESUMO

O presente trabalho pretende enunciar um método de caracterização das áreas de dragagem através do desenvolvimento e implementação de um sistema de classificação de materiais sedimentares para efeitos de operações de dragagem e gestão de materiais dragados, utilizando um sistema de informação geográfica (SIG). Um SIG permite a integração e geoprocessamento da informação geológica georreferenciada, bem como a realização de operações de análise espacial específicas. No desenvolvimento do sistema de classificação foram considerados, relativamente aos materiais dragados: os termos de realização das campanhas de amostragem, a caracterização dos sedimentos, os parâmetros físico-químicos a analisar, os limites de qualidade ambiental de cada classe de contaminação e, a aptidão ambiental para a imersão no mar. Este sistema é implementado em duas simulações distintas (uma mais expedita e simples e outra mais robusta, mas morosa) e são aplicados três métodos de interpolação (*IDW*, *Spline*, *Kriging*) para a estimação de valores. As superfícies geradas são analisadas comparativamente, permitindo a selecção do método de interpolação que demonstrou ser o mais ajustado, o método *IDW* e, a simulação de caracterização de áreas de dragagem mais adequada aos trabalhos realizados pelo IPTM, neste caso a simulação mais simples e expedita, simulação 1A. Definem-se as especificações técnicas para a implementação de um SIG no IPTM-Sede e, pela concepção global de um modelo de dados (modelo conceptual de informação geológica georreferenciada) utilizando a técnica de modelação entidade-relação, é desenhada e construída uma base de dados. O sistema de classificação foi implementado num caso de estudo (operação de dragagem no porto de Vila do Conde, situado na margem direita do rio Ave, na área do Cais das Lavandeiras), permitindo não só caracterizar a área de dragagem quanto às características ambientais dos materiais dragados (avaliação das classes de qualidade ambiental, do risco potencial de poluição do meio marinho e, da aptidão ambiental para a imersão dos dragados no mar). A análise fisiográfica da área, o cálculo de áreas de dragagem e de volumes de materiais dragados foram contemplados também no estudo efectuado.

# **UTILIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE DRAGAGEM**

## **ABSTRACT**

The aim of this work is to achieve a practical method, which may be of some help in characterizing dredging areas. Based on Physical, Chemical characterization of sediments, dredged materials and dredging operations are expressed in a geographic information system (GIS), so integration and geoprocessing of geologic data can be undertaken, as well as some specific operations for spatial analysis. The proposed classification system for dredged areas, include: the terms of execution of sampling campaigns, Physical, Chemical and other property data, the quality of each contamination class, environment quality limits and suitability for disposal in the sea. This system is implemented in two distinct simulations (the first one being easy and fast and the second one robust and slow). Three methods of interpolation (*IDW*, *Spline*, *Kriging*) are used to estimate values. The interpolation method (*IDW*) was selected by evaluating and analysing, the generated surfaces for characterization of dredging areas (simulation 1A), more suited to the works accomplished under IPTM, the Portuguese authority for Shipping and Ports. The proceedings are defined for a GIS implementation within IPTM, as well as the global conception of a data model (conceptual model for geologic data) using the entity-relation technique, through the organization of a database. The classification system was implemented on a study case concerning a dredging operation in Vila do Conde harbour / Cais das Lavandeiras area, situated on the northern bank of the Ave river. This study allowed the characterization of the potential risk of pollution of marine environment at the dredging area, as well as the dredged materials suitability for disposal in the sea. It also offered us the possibility to carry out the physiographic analysis of the referred area involving the calculation of dredging areas and correlated volumes.

## **PALAVRAS CHAVE**

Áreas Portuárias  
Campanhas de Amostragem  
Dragagens  
Contaminantes de Sedimentos Dragados  
Imersão no Mar  
Modelo Conceptual de Informação Geográfica - Base de Dados  
Sistema de Informação Geográfica  
Sondagem Geológica

## **KEYWORDS**

Harbours and Ports  
Sampling Campaigns  
Dredging  
Contaminants of Dredged Sediments  
Sea Disposal  
Geographic Information Conceptual Model - Database  
Geographic Information System  
Geologic Survey

## ACRÓNIMOS

**BD** – Base de Dados  
**CA** – Conselho de Administração  
**CAD** – *Computer-Aided Design*  
**CEN** – *Comité Européen de Normalisation*  
**CSDGM** – *Content Standard for Digital Geospatial Metadata*  
**DEA** – Diagrama Entidade – Associação  
**DGA** – Direcção Geral do Ambiente  
**EAR** – Entidade – Atributo – Relação  
**ESRI** – *Environmental Systems Research Institute*  
**FGDC** – *Federal Geographic Data Committee*  
**ICN** – Instituto da Conservação da Natureza  
**IDW** – Método de interpolação pelo inverso do quadrado das distâncias (*Inverse Distance Weighted*)  
**IGeoE** – Instituto Geográfico do Exército  
**IGM** – Instituto Geológico e Mineiro  
**IHERA** – Instituto de Hidráulica, Engenharia Rural e Ambiente  
**IMP** – Instituto Marítimo Portuário  
**INAG** – Instituto Nacional da Água  
**IND** – Instituto da Navegabilidade do Douro  
**IPC** – Instituto Portuário do Centro  
**IPIMAR** – Instituto de Investigação das Pescas e do Mar  
**IPN** – Instituto Portuário do Norte  
**IPS** – Instituto Portuário do Sul  
**IPTM** – Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos  
**ISEGI** – Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação  
**LNEC** – Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
**NMM** – Nível Médio do Mar  
**OSPAR** – Convenção Oslo-Paris  
**PDM** – Plano Director Municipal  
**POE** – Plano de Ordenamento e Expansão  
**POOC** – Plano de Ordenamento das Orlas Costeiras  
**ISO** – *International Organization for Standardization*  
**SG** – Sondagem Geológica  
**SGBD** – Sistema de Gestão de Base de Dados  
**SIG** – Sistema de Informação Geográfica  
**SNIRH** – Sistema Nacional de Recursos Hídricos  
**TIN** – Rede Irregular Triangulada (*Triangulated Irregular Network*)  
**UNL** – Universidade Nova de Lisboa  
**ZH** – Zero Hidrográfico

## ABREVIATURAS

**KRG-OS** – Método de interpolação de *Kriging* Normal - esférico  
**KRG-OE** – Método de interpolação de *Kriging* Normal - exponencial  
**KRG-OG** – Método de interpolação de *Kriging* Normal - gaussiano  
**KRG-OL** – Método de interpolação de *Kriging* Normal - linear  
**KRG-UL** – Método de interpolação de *Kriging* Universal – linear

## ÍNDICE DO TEXTO

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	iv
Abstract .....	v
Palavras Chave .....	vi
Keywords.....	vi
Acrónimos .....	vii
Abreviaturas .....	vii
Índice De Tabelas .....	viii
Índice De Figuras .....	viii
1. INTRODUÇÃO .....	8
1.1 Enquadramento .....	8
1.2 Objectivos .....	8
1.3 Hipóteses De Trabalho.....	8
1.4 Metodologia Geral .....	8
1.5 Esboço De Organização Da Dissertação.....	8
2. IPTM – ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO .....	8
2.1 Estrutura Orgânica .....	8
2.2 Actividades No Âmbito Da Administração Portuária .....	8
2.3 Avaliação Interna Das Necessidades.....	8
3. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS SEDIMENTARES PARA EFEITOS DAS OPERAÇÕES DE DRAGAGEM E GESTÃO DE DRAGADOS .....	8
3.1 Informação Necessária No Âmbito Das Operações De Dragagem.....	8
3.2 Amostragem De Materiais Dragados .....	8
3.2.1 Análises físicas .....	8
3.2.2 Análises químicas .....	8
3.3 Análise Espacial - Tipo De Dados E Operações.....	8
3.4 Modelação - Método De Classificação De Áreas De Dragagem .....	8
3.5 Tratamento Dos Dados E Níveis De Informação .....	8
3.6 Gerar As Superfícies De Interpolação Sobre Os Dados Originais .....	8
3.6.1 Análise fisiográfica.....	8
3.6.2 Simulação 1A – interpolação do valor da classe de contaminação .....	8
3.6.3 Simulação 2A – interpolação do valor de concentração da substância química .....	8
3.7 Classificar As Superfícies De Interpolação Com Base Nos Limites Das 5 Classes De Contaminação .....	8
3.7.1 Simulação 1B – classificação da superfície de interpolação do valor da classe de contaminação.....	8
3.7.2 Simulação 2B – classificação da superfície de interpolação do valor de concentração da substância química .....	8



3.8 Cálculo De Áreas E Volumes De Materiais Dragados Com E Sem Aptidão Ambiental Para A Imersão No Mar.....	8
4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SIG NO IPTM-SEDE .....	8
4.1 Definição Do Modelo De Dados Para O Iptm .....	8
4.1.1 Dados em formato vectorial .....	8
4.1.2 Dados em formato raster .....	8
4.2 ESPECIFICAÇÕES PARA A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	8
4.2.1 Sistema de coordenadas .....	8
4.2.2 Escalas e precisão.....	8
4.2.3 Níveis de informação .....	8
4.3 Formatos De Dados Admissíveis .....	8
4.3.1 Informação em sig e em cad.....	8
4.3.2 Tratamento topológico dos dados .....	8
4.4 Técnicas De Aquisição De Dados E Informação .....	8
4.5 Metadados.....	8
4.6 Qualidade Dos Dados .....	8
4.7 Qualidade cartográfica .....	8
5. MODELO CONCEPTUAL DE INFORMAÇÃO GEOLÓGICA .....	8
5.1 Objectivos Da Base De Dados.....	8
5.2 Concepção Global Do Modelo De Dados .....	8
5.2.1 Identificação das entidades .....	8
5.2.2 Principais listagens que a base de dados deverá permitir produzir .....	8
5.2.2.1 Relativamente ao promotor.....	8
5.2.2.2 Relativamente ao local.....	8
5.2.2.3 Relativamente ao levantamento topo-hidrográfico .....	8
5.2.2.4 Relativamente a profundidade .....	8
5.2.2.5 Relativamente a sondagem geológica.....	8
5.2.2.6 Relativamente a litologia .....	8
5.2.2.7 Relativamente aos ensaios geomecânicos - spt.....	8
5.2.2.8 Relativamente a estação de amostragem .....	8
5.2.2.9 Relativamente a amostra .....	8
5.2.3 Identificação das relações entre as entidades.....	8
5.2.3.1 Relações de um-para-um (1:1).....	8
5.2.3.2 Relações de um-para-vários (1:m) .....	8
5.2.3.3 Relações de muitos-para-muitos (m:n).....	8
5.2.3.4 Diagrama entidade-relação.....	8
5.2.4 Identificação dos atributos das entidades.....	8
5.3 Modelação Entidade – Atributo – Relação (EAR) .....	8
5.3.1 Normalização .....	8
5.3.2 Derivar tabelas.....	8
5.4 Modelo De Dados Físico .....	8
5.4.1 Tabelas resultantes da modelação ear.....	8
5.4.2 Diagrama de modelação ear.....	8

6. CASO DE ESTUDO - MODELO DE DADOS GEORREFERENCIADOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DRAGAGEM.....	8
6.1 Informação Relativa À Área Portuária De Vila Do Conde, No Âmbito Das Operações De Dragagem .....	8
6.2 Amostragem De Materiais Dragados .....	8
6.2.1 Características físicas .....	8
6.2.2 Características químicas.....	8
6.3 Análise Espacial – Tipo De Dados E Operações.....	8
6.3.1 Dados vectoriais .....	8
6.3.2 Dados raster.....	8
6.3.3 Operações.....	8
6.4 Gerar As Superfícies De Interpolação Sobre Os Dados Originais .....	8
6.4.1 Análise fisiográfica .....	8
6.4.2 Simulação 1A – interpolação das classes de contaminação.....	8
6.4.3 1a.1) Simulação de análise espacial em folha de cálculo (aplicação excel).....	8
6.4.3.1 1A.1 Limites dos valores de concentração de cada substância química em cada classe de contaminação .....	8
6.4.3.2 1A.1B) Classificação de cada parâmetro analisado .....	8
6.4.3.3 1A.1C) Classificação de cada amostra de sedimentos para o total dos parâmetros classificados .....	8
6.4.4 1A.2) Simulação de análise espacial em ambiente sig - interpolação dos valores das classes de contaminação para a caracterização de áreas de dragagem .....	8
6.4.5 Simulação 2A – interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas (dados em bruto), em ambiente sig .....	8
6.5 Classificar As Superfícies De Interpolação Com Base Nos Limites Das 5 Classes De Contaminação – Análise Espacial Em SIG .....	8
6.5.1 Simulação 1B - classificação dos valores estimados de classes de contaminação	8
6.5.2 Simulação 2B - classificação dos valores estimados de concentração das substâncias químicas analisadas .....	8
6.6 discussão dos resultados .....	8
7. CONCLUSÕES .....	8
7.1 Resumo .....	8
7.2 Discussão Das Hipóteses.....	8
7.3 Limitações .....	8
7.4 Trabalhos Futuros .....	8
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8
ANEXOS .....	8
Anexo 1 - Entrevistas .....	8
Anexo 2 - Metadados .....	8
Anexo 3 – Modelo Conceptual – Base De Dados .....	8
Anexo 4 - Sistema De Coordenadas Utilizado Nos Projectos SIG.....	8
Anexo 5 – Álgebra De Mapas .....	8
Anexo 6 – Apêndice .....	8

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Órgãos do IPTM; Órgãos de Staff e Operacionais.....	8
Tabela 2 - Carga movimentada no conjunto dos portos comerciais e sob administração do IPTM, adaptado do Plano de Actividades 2004 do IPTM (2004).....	8
Tabela 3 - Navios - entradas e saídas - no conjunto dos portos comerciais e sob administração do IPTM, adaptado do Plano de Actividades 2004 do IPTM (2004).....	8
Tabela 4 - Definição do número de estações de amostragem mínimas em função do volume de materiais a dragar, adaptado de DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.....	8
Tabela 5 - Classificação de materiais dragados de acordo com o grau de contaminação, adaptado de DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.....	8
Tabela 6 - Classes de qualidade dos sedimentos (material dragado), adaptado de DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.....	8
Tabela 7 - Funcionalidades analíticas para análise espacial em geologia e geofísica marinha (listadas alfabeticamente) disponíveis nas aplicações sig, adaptado de WRIGHT and BARTLETT (1999).....	8
Tabela 8 - Métodos de interpolação adaptados de KIRK, K. (2003), SOARES, A. (2000); MATOS, J. (2001) e PRYAKANT, N. et al. (s/data).....	8
Tabela 9 - Classes de riscos ambientais.....	8
Tabela 10 - Classes de aptidão ambiental.....	8
Tabela 11 - Níveis gráficos (layers) do ficheiro CAD.....	8
Tabela 12 - Classes de qualidade dos sedimentos a dragar e valores a assinar em cada classe de valores.....	8
Tabela 13 - Risco potencial de poluição do meio marinho e, valor a assinar em cada classe de risco.....	8
Tabela 14 - Aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.....	8
Tabela 15 - Aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.....	8
Tabela 16 - Informação de contexto.....	8
Tabela 17 - Informação Estruturante.....	8
Tabela 18 - Informação de Inventário.....	8
Tabela 19 - Informação de Suporte.....	8
Tabela 20 - Informação Derivada.....	8
Tabela 21 - Classificação dos níveis de informação e sua organização – estrutura da informação SIG do IPTM.....	8
Tabela 22 - Informação em SIG e em CAD.....	8
Tabela 23 - Tabela Construída com Base na Norma CSDGM (Content Standard for Digital Geospatial Metadata) - FGDC-STD-001-1998.....	8
Tabela 24 - O nome e o acrónimo da Entidade promotora da actividade, (podendo ser acrescentados atributos relativos à morada, telefone de contacto, etc).....	8
Tabela 25 - A designação geográfica da área portuária.....	8
Tabela 26 - Os dados relativos aos levantamentos topo-hidrográficos realizados pelo IPTM.....	8
Tabela 27 - As profundidades de ocorrência das sequências sedimentares para cada SG, presentes nas áreas portuárias.....	8

Tabela 28 - Os dados de cada campanha de sondagens geológicas realizada pelo IPTM, bem como as características de cada sondagem. ....	8
Tabela 29 - As designações geológicas das sequências sedimentares presentes nas áreas portuárias. ....	8
Tabela 30 - Os dados de cada ensaio de SPT, realizados nas campanhas de sondagens geológicas realizadas pelo IMPT. ....	8
Tabela 31 - A localização dos locais da colheita de amostras sedimentares para análise físico-química. ....	8
Tabela 32 - Os dados relativos aos valores das concentrações das substâncias analisadas nas amostras sedimentares colhidas nas estações de amostragem definidas no projecto de dragagem...8	8
Tabela 33 - Processo de normalização. ....	8
Tabela 34 - Tabela da entidade promotor. ....	8
Tabela 35 - Tabela da entidade local. ....	8
Tabela 36 - Tabela da entidade levantamento topo-hidrográfico. ....	8
Tabela 37 - Tabela de derivação cod_prom_loc_lev. ....	8
Tabela 38 - Tabela da entidade sondagem geológica. ....	8
Tabela 39 - Tabela de derivação cod_prom_loc_sg. ....	8
Tabela 40 - Tabela de derivação cod_levantamento_sg. ....	8
Tabela 41 - Tabela da entidade litologia. ....	8
Tabela 42 - Tabela da entidade profundidade. ....	8
Tabela 43 - Tabela de derivação cod_sg_prof_litolog. ....	8
Tabela 44 - Tabela da entidade ensaio spt. ....	8
Tabela 45 - Tabela de derivação cod_sg_spt. ....	8
Tabela 46 - Tabela da entidade estação de amostragem. ....	8
Tabela 47 - Tabela de derivação cod_prom_loc_estam. ....	8
Tabela 48 - Tabela de derivação cod_levantamento_estam. ....	8
Tabela 49 - Tabela da entidade amostra. ....	8
Tabela 50 - Tabela de derivação cod_estam_amostra. ....	8
Tabela 51 - Campanhas de amostragem realizadas no porto de Vila do Conde. ....	8
Tabela 52 - Características físicas dos sedimentos a dragar (A) e (B) na área de dragagem em estudo. ....	8
Tabela 53 - Características químicas dos sedimentos a dragar na área de dragagem em estudo. ....	8
Tabela 54 - Valores dos limites inferiores das classes de contaminação, de acordo com o DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho. ....	8
Tabela 55 - Resultados das análises físicas. ....	8
Tabela 56 - Valores dos parâmetros químicos (metais e compostos orgânicos) analisados nos sedimentos. ....	8
Tabela 57 - Valores a assinar em cada classe de valores. ....	8
Tabela 58 - Valor a assinar em cada classe de risco. ....	8
Tabela 59 - Valor a assinar para a aptidão ambiental. ....	8

Tabela 60 - Áreas de dragagem e volumes de materiais dragados, com e sem aptidão ambiental, calculados através de álgebra de mapas (modelo raster), a partir da interpolação dos valores das classes de contaminação. ....	8
Tabela 61 - Áreas de dragagem e volumes de materiais dragados, com e sem aptidão ambiental, calculados em modelo de dados vectorial, a partir da interpolação dos valores das classes de contaminação. ....	8
Tabela 62 Áreas de dragagem e volumes de materiais dragados com e sem aptidão ambiental, calculados através de álgebra de mapas (modelo raster), a partir da interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas. ....	8
Tabela 63 - Áreas de dragagem e volumes de materiais dragados, com e sem aptidão ambiental, calculados em modelo de dados vectorial, a partir da interpolação dos valores e concentração das substâncias químicas. ....	8
Tabela 64 Volumes dos materiais dragados, com e sem aptidão ambiental para a imersão no mar e, respectivas áreas de dragagem, calculados para os modelos de dados raster e vectorial. ....	8

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organograma funcional do IPTM (URL: <a href="http://www.imarpor.pt/main/anexos/quemsomos/org.jpg">http://www.imarpor.pt/main/anexos/quemsomos/org.jpg</a> ).....	8
Figura 2. Estrutura Organizacional do IPTM, adaptado de DIAS, E. e MOTA, M. (2003). .....	8
Figura 3. Portos sob a jurisdição do IPTM, adaptado de Plano de Actividades 2004 do IPTM. ....	8
Figura 4. Clientes/Utentes IPTM, adaptado do Plano de Actividades 2004 do IPTM (2004). ....	8
Figura 5. Componentes de um SIG, adaptado de CÂMARA, G. <i>et al.</i> (2001). ....	8
Figura 6. Representação esquemática das principais etapas a desenvolver no IPTM, para a organização de parte da informação geográfica a usar. ....	8
Figura 7. Fluxograma representativo da organização da dissertação, quanto à implementação da metodologia. ....	8
Figura 8. Fluxograma representativo da organização da dissertação, quanto à implementação do caso de estudo. ....	8
Figura 9. (A), (B) Amostrador, concebido pela empresa Xavi-Sub e, respectivas amostras de sedimentos. ....	8
Figura 10. Limites máximos de concentração permitidos para a imersão no mar, de diversos países, adaptado de PAIXÃO, G. (2004a). ....	8
Figura 11. Geometrias: ponto2D, amostra e polígono, adaptado de CÂMARA, G. <i>et al.</i> (2001). ....	8
Figura 12. Representação geométrica da rede regular, adaptado de CÂMARA, G. <i>et al.</i> (2001). ....	8
Figura 13. Superfície e malha irregular triangular correspondente, adaptado de CÂMARA, G. <i>et al.</i> (2001). ....	8
Figura 14. Método dos polígonos de influência: o ponto $x_0$ toma o valor da amostra mais próxima, $x_1$ , adaptado de SOARES, A. (2000). ....	8
Figura 15. Método de triangulação: o valor de $x_0$ é uma média ponderada das 3 amostras/ vértices ( $x_1, x_2, x_3$ ) do triângulo que contém $x_0$ , em que os ponderadores são proporcionais à distância de $x_0$ a cada um dos vértices, adaptado de SOARES, A. (2000). ....	8
Figura 16. Método do inverso da potência das distâncias: o valor de $x_0$ é uma média ponderada das $N$ amostras vizinhas, em que os ponderadores são determinados pelo inverso da potência das distâncias de cada uma das amostras a $x_0$ , adaptado de SOARES, A. (2000). ....	8
Figura 17. Esquema ilustrativo do processo de interpolação espacial geoestatístico, adaptado de SOARES, A. (2000). ....	8
Figura 18. Hierarquia possível das de informação geológica e geofísica marinha, adaptado de WRIGHT and BARTLETT (1999). ....	8
Figura 19. Fluxograma das operações realizadas em SIG para representar superfícies através dos modelos TIN e GRID, adaptado de PRIYAKANT, N. <i>et Al.</i> ....	8
Figura 20. Fluxograma representativo das simulações de interpolação dos valores de: classe de contaminação dos sedimentos dragados, Simulação 1A e, concentração da substância química, Simulação 2A. ....	8
Figura 21. Fluxograma representativo das simulações de classificação dos valores estimados de: classe de contaminação dos sedimentos dragados, Simulação 1B e, concentração da substância química, Simulação 2B. ....	8



Figura 44. Fluxograma representativo das operações de análise espacial a realizar no caso de estudo, Simulação 1A e 2A. ....	8
Figura 45. Fluxograma representativo da implementação do caso de estudo, Simulação 1B e 2B. ....	8
Figura 46. Fluxograma representativo das operações de análise espacial a realizar no caso de estudo, Simulação 1B e 2B. ....	8
Figura 47. Superfície hidrográfica do Cais das Lavadeiras, no porto de Vila do Conde, gerada a partir dos pontos cotados (A) pela interpolação TIN (B) e, que foi convertida para o formato de dados raster (C). ....	8
Figura 48. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador IDW. ....	8
Figura 49. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador Spline-T. ....	8
Figura 50. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador Spline-R. ....	8
Figura 51. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OS. ....	8
Figura 52. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OE. ....	8
Figura 53. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OG. ....	8
Figura 54. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OL. ....	8
Figura 55. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-UL. ....	8
Figura 56. Fluxograma representativo das operações a realizar para determinar a área e volume <i>No Data</i> , em modelo de dados vectorial e raster. ....	8
Figura 57. Fluxograma das operações de análise espacial a realizar para obter a área contida no limite de dragagem considerado e o volume de materiais dragados correspondente, em modelo de dados vectorial e raster e vectorial. ....	8
Figura 58. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador IDW. ....	8
Figura 59. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador Spline-T. ....	8
Figura 60. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador Spline-R. ....	8
Figura 61. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OS. ....	8
Figura 62. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OE. ....	8
Figura 63. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OG. ....	8



Figura 64. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OL .....	8
Figura 65. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-UL .....	8
Figura 66. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW. ....	8
Figura 67. Superfície de classificacão dos valores estimados de CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 68. Superfície de classificacão do risco potencial de poluiçã do meio marinho. ....	8
Figura 69. Superfície de classificacão da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar. ....	8

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 ENQUADRAMENTO

O Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM) é a entidade nacional que tem por objecto a supervisão, regulamentação e inspecção do sector marítimo e portuário e a promoção da navegabilidade do Douro, bem como a administração dos portos sob a sua jurisdição, visando a sua exploração económica, conservação e desenvolvimento, abrangendo o exercício de competências e prerrogativas de autoridade portuária que lhe estejam ou venham a ser acometidas (D.L. n.º 257/2002 de 22 de Novembro). Este organismo promove a aquisição directa de dados de campo sobre: a batimetria das áreas marítimo-portuárias, dos canais de navegação, sobre as características geológico-geotécnicas das áreas portuárias, natureza dos sedimentos portuários, sua composição e constituição, bem como, a sua qualidade ambiental. Desta forma, pode proceder à avaliação das operações a realizar no sector, bem como melhorar a realização das actividades.

As intervenções de dragagem no litoral têm sido desenvolvidas a um ritmo crescente, fazendo frequentemente sentir-se, a falta de planos adequados de dragagem e projectos com uma melhor definição dos objectivos. Ainda que nos processos de execução se sigam padrões mais ou menos estabelecidos e adoptados internacionalmente, já o mesmo não sucede com as operações de acompanhamento das intervenções (PAIXÃO, 2000).

As operações de dragagem exigem uma série de procedimentos bem definidos, como seja a definição da cota de dragagem, da área de intervenção e do volume de materiais a dragar e, ainda, a definição de um local de depósito adequado à qualidade ambiental dos dragados. Na sequência de uma operação de dragagem, decorrem geralmente operações de imersão no mar. O mar continua a constituir um vazadouro de fácil acesso para o depósito dos materiais dragados que não apresentem restrições ambientais significativas. Para levar a cabo operações de dragagem e imersão, é necessário proceder à avaliação da qualidade ambiental dos dragados, nomeadamente dos sedimentos.

Os sedimentos têm um valor ecológico, social e económico significativo. Os sedimentos constituem uma componente chave dos ecossistemas aquáticos, que suportam a vida e, assim, são uma fonte importante de nutrientes para os organismos. A dinâmica sedimentar (erosão e sedimentação) e o seu gradiente (baixo/ elevado) ditam as condições favoráveis para um ambiente variado e biodiversificado. Para além disso, os sedimentos representam igualmente um benefício sócio-económico, pois são utilizados como fontes de materiais ou recursos minerais (BRILIS, 2004).

Desde o principio da revolução industrial, que as emissões antropogénicas de produtos químicos directamente para a água tem provocado uma rápida deterioração da qualidade dos sedimentos. Assim, uma vez que as actividades que gerem uma maior quantidade de sedimentos são as operações de dragagem, essenciais para a manutenção das áreas portuárias, torna-se necessária a gestão da qualidade ambiental dos sedimentos dragados (PAIXÃO, 2000, 2001).

Dragar sedimentos não deve consistir somente em retirar material de um ambiente aquático. As implicações são múltiplas e devem ser bem caracterizadas e avaliadas. Ao proceder a dragagem de sedimentos, uma grande parte daquilo que neles estava contido ou associado, volta a entrar em contacto com a água e, conseqüentemente com os organismos que se julgava estarem livres desses poluentes inseridos nos sedimentos (COSTA, 2002). Deste modo, advém uma necessidade premente de caracterizar as áreas de dragagem (PAIXÃO, 2001).

Para a classificação de áreas de dragagem, pode ser empregue um critério baseado no grau de contaminação dos sedimentos a dragar. A variação espacial do grau de contaminação é avaliada com base na caracterização da qualidade ambiental de amostras sedimentares sobre o material a dragar, tendo em conta parâmetros físico-químicos específicos e definidos na legislação portuguesa, no cumprimento do estabelecido em convenções internacionais.

O presente trabalho insere-se num contexto de optimização de projectos em curso no âmbito das actividades do IPTM. Ideal seria poder expandir estudos em curso por componentes de investigação mais aprofundadas. Contudo, exigências de carácter técnico e prático, nomeadamente a própria calendarização do instituto, inviabilizam abarcar esse leque de componentes em tempo útil.

## **1.2 OBJECTIVOS**

No presente trabalho pretende-se que sejam definidas as principais fontes de dados do IPTM, por forma a criar um modelo conceptual de informação geológica portuária, implementado através do desenvolvimento de uma base de dados, de modo a permitir uma gestão da informação geográfica contida nas sondagens geológicas, campanhas de amostragem e levantamentos topo-hidrográficos. Será assim possível definir as suas características bem como associações com outros tipos de informação.

A informação georreferenciada relativa às operações de dragagem é registada e armazenada numa Base de Dados (BD), desenvolvida com base num Modelo Conceptual de Informação Geográfica. Dados das Campanhas de Amostragem sobre sedimentos compreendendo a sua caracterização físico-química e informação geológica e topo-hidrográfica das áreas portuárias, podem assim ser armazenados.

A integração da informação da base de dados com a informação georreferenciada é efectuada recorrendo a um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e, assim, a informação da BD passa a ser devidamente integrada com a informação georreferenciada, utilizando para o efeito a Aplicação ArcGIS 8.x-ESRI.

Um método de análise espacial desenvolvido para a classificação do grau de contaminação das áreas de dragagem, com base em análises físico-químicas de caracterização ambiental dos materiais sedimentares a dragar, encontra-se especificado no Despacho Conjunto dos Ministérios do Ambiente e Recursos Naturais e do Mar, Diário da República n.º 141, de 21 de Junho de 1995, adiante DC-D.R. 141/1995 de 21 de Junho. É, desta forma, possível a classificação de áreas de dragagem em áreas de risco de risco potencial de poluição do meio marinho, bem como o estudo da distribuição espacial das substâncias químicas e dos parâmetros físico-químicos dos sedimentos a dragar em áreas portuárias, avaliação da sua qualidade, bem como a aptidão ambiental desses materiais para eventual imersão no mar.

### **1.3 HIPÓTESES DE TRABALHO**

Parte-se do pressuposto que o Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM), como entidade a quem compete o desenvolvimento, manutenção e ampliação de certas áreas portuárias, beneficiaria da implementação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). O SIG que se preconiza, utilizaria o conjunto de dados geográficos e de cartografia de base e temática relativa às áreas marítimo-portuárias que o Instituto supervisiona, rentabilizaria todo esse material e ajudaria na fundamentação de tomadas de decisão.

É então necessário o desenvolvimento de modelos de dados adequados às necessidades do IPTM, por exemplo, quanto ao tipo de utilização e quanto ao formato da informação disponível, sendo desejável a existência de um cadastro portuário, bem como a possibilidade de integração de um considerável volume de dados e informação respeitante a projectos, estudos e obras portuárias, integrando a informação relativa a operações de dragagem.

Neste contexto, consideram-se as seguintes hipóteses de trabalho:

1.º- É adequada a implementação de um sistema de informação geográfica (SIG) e a utilização de ferramentas específicas de operações de análise espacial.

2.º- É possível integrar a informação existente, com vista à realização de operações de análise espacial, nomeadamente na classificação de áreas segundo as suas características;

3.º- É possível a caracterização e classificação das áreas de dragagem quanto à variação espacial do grau de contaminação dos sedimentos dragados e a sua aptidão ambiental para efeitos de imersão no mar.

4.º- É possível o cálculo de áreas de dragagem e volumes de materiais dragados;

#### **1.4 METODOLOGIA GERAL**

Tendo havido anteriormente três tentativas de implementação de SIG neste organismo, procurou saber-se através de entrevistas o que correu bem e o que não teve sucesso nessas três tentativas (ver anexo nº 1). Os testemunhos dos técnicos superiores do IPTM, Dr. Gilberto Paixão e Eng.º Santos Ferreira (FERREIRA, PAIXÃO, 2003) e, dos professores do ISEGI-UNL (entidade contratada através de protocolo, para implementar o SIG), Doutor Marco Painho e Dr. Pedro Cabral (CABRAL, PAINHO, 2003), foram importantes para a caracterização da situação (DIAS e MOTA, 2003) e, constam do anexo 1.

Um conjunto de aplicações e operações de análise espacial, seguidamente enumeradas, constituem ferramentas utilizadas no decurso de um processo de implementação de um SIG, no presente caso de estudo:

- Utilização da Aplicação Access para a construção da Base de Dados, na implementação do modelo conceptual de informação geológica (DIAS, 2003a).

- Utilização da Aplicação AutoCAD 2000 para a implantação dos dados georreferenciados obtidos de: levantamentos topo-hidrográficos, sondagens geológicas percussivas de furação, campanhas de amostragem de sedimentos, operações de dragagem (DIAS *et al.*, 2003, DIAS, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d).

- Integração dos dados da BD com os dados georreferenciados da Aplicação AutoCAD 2000 recorrendo à implementação de um sistema de informação geográfica, utilizando a Aplicação ArcView 8.x-ESRI, (DIAS *et al.*, 2003, DIAS, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d).

Para o cumprimento do disposto no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho, antes de uma operação de dragagem, procede-se à avaliação da qualidade ambiental dos sedimentos a dragar, com base na recolha de dados necessários para a avaliação dos níveis de contaminação, realizando-se para o efeito, a caracterização físico-química dos sedimentos. As análises físicas aos sedimentos (densidade, % de sólidos, granulometria) descrevem as características dos materiais em estudo. As análises químicas aos sedimentos (carbono orgânico total, metais e compostos orgânicos) caracterizam o grau de contaminação das substâncias presentes nos materiais sedimentares a dragar.

Para a avaliação da qualidade ambiental dos sedimentos dragados são utilizados limites de segurança e restrições ambientais. Esses limites são definidos em função da perigosidade que cada parâmetro (substância química) caracterizado representa para o meio, função da sua concentração nos sedimentos dragados, para efeitos de imersão no mar. Os sedimentos são classificados em função dos critérios de qualidade ambiental estabelecidos no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho. As áreas de dragagem podem ser classificadas quanto ao risco ambiental potencial, com base na qualidade ambiental dos sedimentos analisados e, os critérios de qualidade dos sedimentos são determinantes para a definição da forma de eliminação dos materiais dragados.

No presente trabalho, para produção de informação geológica georreferenciada, são realizadas operações de análise espacial utilizando a Aplicação ArcView 8.x-ESRI e, as Aplicações 3D *Analyst* e *Spatial Analyst*.

Das operações de análise espacial a realizar, salientam-se as seguintes:

- Análise vectorial: modelos digitais de terreno, cálculo de áreas de dragagem e volumes de dragados, representação de perfis, etc.
- Análise matricial: superfícies altimétricas, superfícies de interpolação de cada parâmetro de contaminação em áreas de dragagem, classificação de áreas dragadas (MAP Álgebra).

## **1.5 ESBOÇO DE ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Apresenta-se em seguida uma sucinta organização da dissertação e, um breve resumo de cada capítulo, nos seus aspectos mais relevantes. A dissertação foi organizada em oito capítulos e anexos.

No primeiro capítulo, a introdução da dissertação, faz-se o enquadramento do tema, definem-se os principais objectivos e apresenta-se uma metodologia geral, a partir das hipóteses de trabalho existentes.

No segundo capítulo é apresentada a entidade nacional que é a autoridade nacional para a protecção do meio marinho, no âmbito das operações de dragagem e imersão no mar dos materiais dragados, o Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM).

No terceiro capítulo apresenta-se um sistema de classificação de materiais sedimentares para efeitos de operações de dragagem e gestão de materiais dragados. Esse sistema foi possível implementar, recorrendo à utilização de sistema de informação geográfica (SIG), que permitiu o desenvolvimento e implementação de um método de caracterização de áreas de dragagem, pela realização de operações de análise espacial específicas. No desenvolvimento do método de caracterização de áreas de dragagem foram consideradas as normas europeias e legislação portuguesa em vigor. Neste capítulo apresentam-se ainda, a forma de tratamento dos dados e dos níveis de informação, os tipos de dados e operações de análise espacial a realizar, de forma a caracterizar as áreas de dragagem. Para a caracterização das áreas de dragagem são consideradas duas simulações distintas e aplicados três métodos diferentes de interpolação para a estimação de valores, de forma a serem posteriormente comparadas as simulações e seleccionado o método e a simulação mais adequado às actividades realizadas pelo IPTM.

No quarto capítulo definem-se as especificações técnicas para a implementação de um SIG no IPTM-Sede. São definidas as especificações da informação geográfica e definidos os modelos de dados adequados.

No capítulo quinto apresenta-se o modelo conceptual de informação georreferenciada geológica, pela concepção global de um modelo de dados que considere as entidades, os seus atributos e as relações entre elas. É utilizada a técnica de modelação entidade – relação, que se baseia na construção de uma base de dados. Apresenta-se a construção da base de dados recorrendo à modelação EAR.

No capítulo sexto apresenta-se o caso de estudo, onde é implementada a metodologia definida no capítulo três. O caso de estudo é relativo a uma área de dragagem localizada no porto de Vila do Conde. Neste capítulo são produzidos os mapas relativos à análise espacial efectuada, recorrendo à utilização da álgebra de mapas em ambiente SIG para cada uma das simulações consideradas, pela aplicação dos vários métodos de interpolação. Com base na discussão dos resultados obtidos é seleccionado o método de interpolação e a simulação de caracterização de áreas de dragagem.

No capítulo sétimo são apresentadas as conclusões deste trabalho, com base nas hipóteses de trabalho consideradas e nos objectivos que se pretendiam alcançar, tendo por base as limitações existentes.

No capítulo oito apresentam-se as referências bibliográficas utilizadas, e em seguida, termina-se com os anexos.



## **2. IPTM – ESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO**

O Instituto portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM), foi criado pelo Decreto-Lei n.º 257/2002, de 22 de Novembro, dotado de personalidade jurídica, autonomia administrativa e financeira e património próprio, resultando da fusão do Instituto Marítimo-Portuário (IMP), do Instituto Portuário do Norte (IPN), do Instituto Portuário do Centro (IPC), do Instituto Portuário do Sul (IPS) e do Instituto da Navegabilidade do Douro (IND). A tutela funcional e patrimonial cabe ao Ministro de Estado e da Defesa Nacional e dos Assuntos do Mar, sendo a definição das linhas de orientação e dos domínios prioritários da sua actuação exercida em articulação com o Ministro das Obras Públicas, Transportes e Comunicações (Decreto-Lei n.º 215-A/2004, de 3 de Setembro).

Este organismo tem a sede em Lisboa e delegações em Viana do Castelo, Peso da Régua, Figueira da Foz e Faro. Exerce funções de supervisão, coordenação do planeamento e do desenvolvimento estratégico, normalização, regulação e fiscalização, no âmbito da Administração Marítima e Portuária e a gestão dos portos secundários do continente.

Entende-se por zona portuária o espaço situado dentro dos limites da área de jurisdição das autoridades portuárias, constituído, designadamente, por planos de água, canais de acesso, molhes e obras de protecção, cais, terminais, terraplenos e quaisquer terrenos, armazéns e outras instalações (D.L. 280/1993 de 13 de Agosto).

E, entende-se por área de jurisdição do IPTM, as zonas dentro dos limites da largura máxima legal do domínio público marítimo, os canais de navegação e as zonas flúvio-marítimas e as terrestres. A área de jurisdição do IPTM compreende ainda as zonas terrestres e marítimas necessárias à exploração portuária e à execução e conservação das obras dos portos de Vila Praia de Âncora, Castelo do Neiva, Esposende, Angeiras, Albufeira, Quarteira, Vilamoura, Fuzeta, Santa Luzia e Cabanas, bem como as infra-estruturas portuárias existentes ao longo do rio Guadiana entre Vila Real de Santo António e Mértola (D.L. 257/2002 de 22 de Novembro). O leito e as margens incluídos nos terrenos do domínio hídrico e as águas do Douro, desde a foz do rio Águeda, afluente da margem esquerda do rio Douro, até à respectiva barra, com excepção das áreas portuárias pertencentes à Administração dos Portos do Douro e Leixões, S. A.

### **2.1 ESTRUTURA ORGÂNICA**

A orgânica do IPTM consolida o modelo definido no Dec.Lei n.º 257/2002, em termos de assegurar uma efectiva coordenação das actividades de planeamento estratégico e

supervisão do sector portuário e dos transportes marítimos, com salvaguarda da autonomia de gestão dos portos e da navegabilidade do Douro, a nível local.

O primeiro daqueles vectores de actuação é desenvolvido através dos serviços centrais, IPTM-Sede, os quais se organizam em três grandes áreas de intervenção:

- Obras Portuárias;
- Segurança Marítima;
- Estudos e Actividades Sectoriais.

Estas áreas de intervenção são estruturadas ao nível de Direcção, cada uma delas dividida em Departamentos especializados. Ao mesmo nível, situa-se a Direcção de Administração Geral, que compreende os Departamentos de Gestão Financeira e Patrimonial, o Departamento de Recursos Humanos e o Departamento de Relações Públicas e Documentação. Como estruturas de *staff*, directamente dependentes do CA, funcionam o Gabinete Jurídico, o Departamento de Informática, o Gabinete da Qualidade e o Adjunto do CA, como se apresenta na Tabela 1.

Tabela 1- Órgãos do IPTM; Órgãos de Staff e Operacionais

<b>ÓRGÃOS DO IPTM</b>	
CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO	Presidente e Vogais
CONSELHO CONSULTIVO	Conselho Regional dos Portos do Norte
	Conselho Regional dos Portos do Centro
	Conselho Regional dos Portos do Sul
	Conselho Regional para a Navegabilidade do Douro
COMISSÃO DE FISCALIZAÇÃO	Presidente e Vogais

<b>ÓRGÃOS DE STAFF</b>	<b>RESPONSABILIDADES</b>	
SERVIÇOS CENTRAIS	Adjunto do Conselho de Administração	Assessorar o CA nas áreas de intervenção que lhe sejam atribuídas.
	Gabinete Jurídico	Gerir e organizar todos os processos de contencioso, bem como assegurar o apoio jurídico a todos os Serviços do IPTM.
	Departamento de Informática	Assegurar o desenvolvimento dos sistemas de informação e a gestão coordenada dos equipamentos e sistemas informáticos e de comunicações do IPTM.
	Gabinete de Qualidade	Coordenação do sistema de Qualidade do IPTM.

ORGÃOS OPERACIONAIS		RESPONSABILIDADES
SERVIÇOS CENTRAIS	Direcção de Projecto e Gestão de Obras Portuárias	Assegurar a gestão das intervenções portuárias, nomeadamente as relativas à construção de infra-estruturas, ao fornecimento de equipamentos, promovendo os estudos necessários à sua concretização e garantindo os procedimentos subsequentes necessários à sua realização. Promover e acompanhar o ordenamento, as questões ambientais e as intervenções de dragagens nas suas áreas de jurisdição e nas situações que lhe são cometidas legalmente. Realizar e prestar serviços de topohidrografia e de geologia.
	Direcção de Segurança Marítima	Assegurar o planeamento, organização e controlo de toda actividade operacional na área da segurança marítima, apoiando o Conselho de Administração na definição de estratégias políticas de segurança e inspecção de navios e na promoção da sua execução; Garantir a optimização da gestão dos recursos humanos dos Departamentos e Áreas Inspeções Locais, promovendo a modernização dos métodos de trabalho e recorrendo às novas tecnologias.
	Direcção de Actividades Sectoriais e Relações Internacionais	Assegurar o acompanhamento da actividade portuária e a sua articulação com o transporte marítimo e deste com os outros meios de transporte. Elabora estudos, estatísticas e programa a actividade do IPTM, incluindo a avaliação da execução do PIDDAC.
	Direcção de Administração Geral	Assegurar a gestão dos recursos humanos, financeiros e patrimoniais e o apoio logístico aos órgãos e serviços do IPTM, coordenando, neste âmbito, a actividade dos Serviços Centrais e das Delegações.
	Delegações dos Portos do Norte, Centro e Sul	Gerir, administrar e desenvolver os portos e o domínio público marítimo na sua área de jurisdição. Exercer as atribuições cometidas às autoridades portuárias pelo Decreto-Lei n.º 46/2002, de 2 de Março (Harbour Master)
	Delegação para a Navegabilidade do Douro	Promover e incentivar a navegação na via navegável do Douro; Desenvolver e conservar as infra-estruturas e os equipamentos destinados a assegurar a circulação na via navegável e a utilização das instalações portuárias; Administrar os bens do domínio público integrados na sua área de jurisdição; Coordenar as intervenções de outras entidades públicas ou privadas com impacte na via navegável.

A estrutura funcional do IPTM é representada esquematicamente na Figura 1.

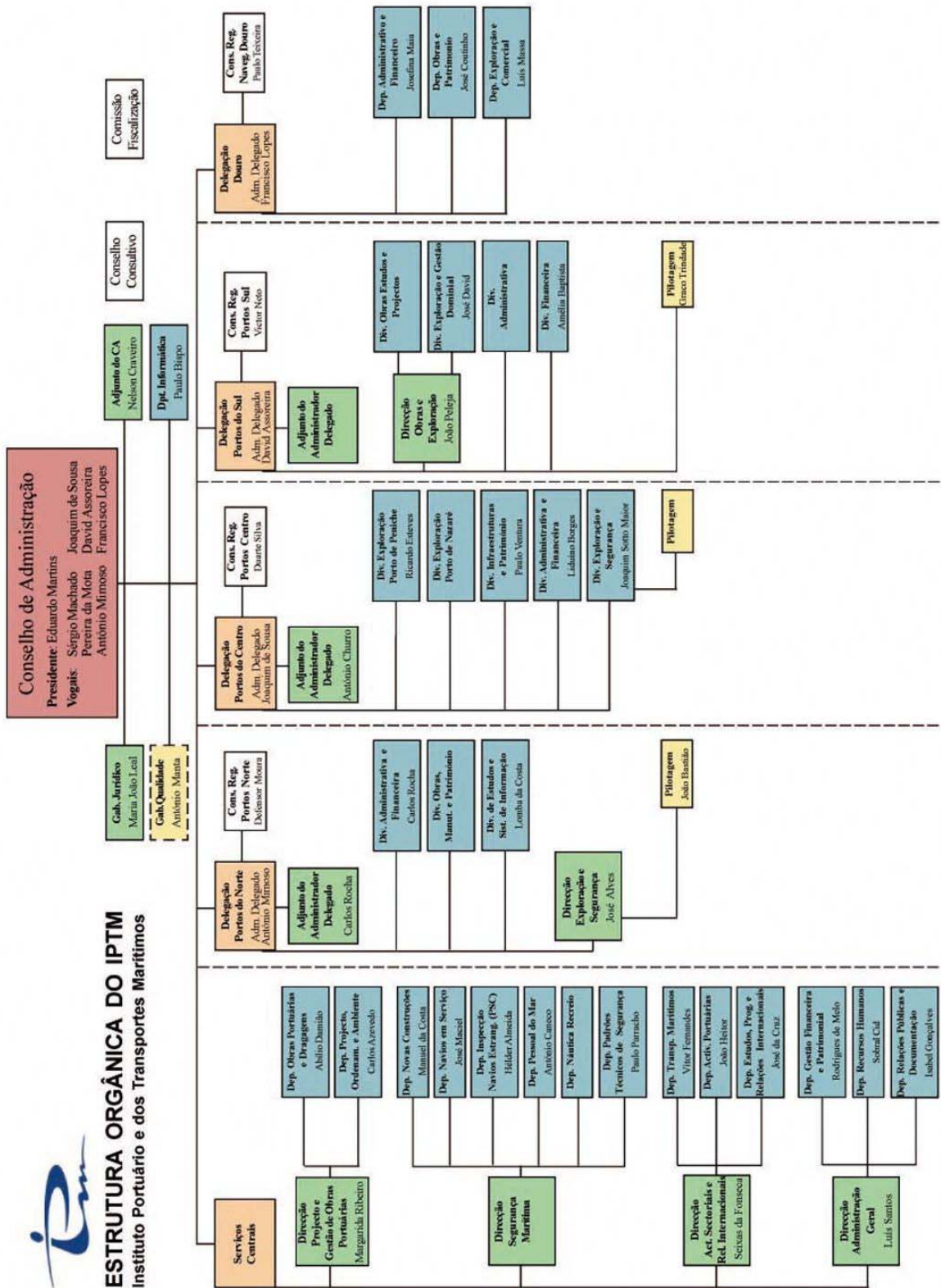


Figura 1. Organograma funcional do IPTM (URL: <http://www.imarpor.pt/main/anexos/quemsomos/org.jpg>)

O IPTM apresenta uma estrutura organizacional triangular, onde no nível operacional (base do triângulo) se encontram os técnicos que recolhem e produzem a informação. O nível intermédio é ocupado pelas chefias, directores de serviço e gestores, cujas principais funções se prendem com a monitorização do desempenho do nível operacional e a preparação de pareceres de apoio à decisão. No fundo, as funções a este nível da organização funcionam como um filtro entre o produto do nível operacional e o nível de topo. O nível executivo (topo do triângulo) da organização é composto pelo Conselho de Administração, que toma as decisões finais que determinam as orientações estratégia do Instituto, como se esquematiza na Figura 2.

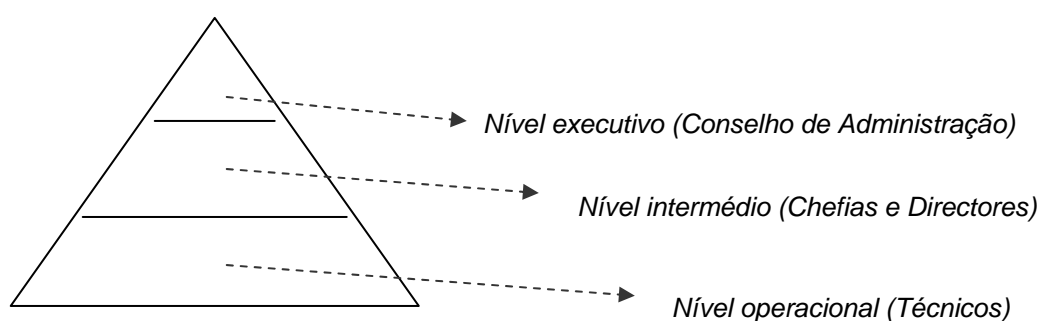


Figura 2. Estrutura Organizacional do IPTM, adaptado de DIAS, E. e MOTTA, M. (2003).

Observa-se assim, que o IPTM apresenta uma estrutura comum a muitas empresas, pelo que existem diferentes níveis de exigência de informação, sendo que a informação existente no Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM), refere-se a um conjunto de dados geográficos e à produção de cartografia de base e temática relativa às áreas marítimo-portuárias sob a sua jurisdição. Na Figura 3, apresentam-se as diversas áreas portuárias sob a jurisdição do IPTM (Sede e Delegações).

Delegação do Norte

Vila Praia de Âncora;  
**Viana do Castelo**;  
Castelo do Neiva;  
Esposende;  
Póvoa de Varzim;  
Vila do Conde;  
Angeiras;

Delegação do Centro

**Figueira da Foz**;  
Nazaré;  
Peniche;  
Ericeira;

Delegação do Sul

Baleeira;  
Lagos;  
**Portimão**;  
Albufeira;  
Vilamoura;  
Quarteira;  
**Faro**;  
Olhão;  
Fuseta;  
Santa Luzia;  
Tavira;  
Cabanas;  
Vila Real de Santo António;  
e as infra-estruturas portuárias existentes ao longo do rio Guadiana entre Vila Real de Santo António e Mértola;



Legenda:

Portos comerciais na área de jurisdição do IPTM



Portos comerciais principais (Administrações Portuárias, S.A.)



Quanto à Delegação do Douro incluem-se na sua jurisdição:

O leito e as margens incluídos nos terrenos do domínio hídrico e as águas do Douro, desde a foz do rio Águeda, afluente da margem esquerda do rio Douro, até à respectiva barra, com excepção das áreas portuárias pertencentes à Administração dos Portos do Douro e Leixões, S. A., bem como os afluentes deste troço cais, docas, obras de acostagem, rampas e varadouros, bem como os terraplenos anexos e respectivos acessos às vias nacionais ou municipais.

Figura 3. Portos sob a jurisdição do IPTM, adaptado de Plano de Actividades 2004 do IPTM.

## 2.2 ACTIVIDADES NO ÂMBITO DA ADMINISTRAÇÃO PORTUÁRIA

O movimento dos portos do continente nos últimos três anos apresenta-se, de forma resumida nas Tabela 2 e Tabela 3, detalhando-se o movimento no conjunto dos portos comerciais de Portugal e sob administração do IPTM (Viana do Castelo, Figueira da Foz, Portimão e Faro).

Tabela 2 - Carga movimentada no conjunto dos portos comerciais e sob administração do IPTM, adaptado do Plano de Actividades 2004 do IPTM (2004).

Ano	Total	Total nos portos sob adm. IPTM	
	Ton	Ton	% relat. ao total continente
2001	56.139.518	2.105.361	3,8%
2002	54.886.460	1.600.654	2,9%
2003	56.491.200	1.759.997	3,1%

Tabela 3 - Navios - entradas e saídas - no conjunto dos portos comerciais e sob administração do IPTM, adaptado do Plano de Actividades 2004 do IPTM (2004).

Ano	Total de navios	Total de navios nos portos sob adm. IPTM	
2001	20.998	1.504	7,2%
2002	21.730	1.350	6,2%
2003	21.162	1.248	5,9%

Os números constantes das tabelas anteriores evidenciam uma estabilização do movimento global nos portos nacionais nos últimos anos, embora os portos regionais, sob administração do IPTM, revelem uma ligeira perda de quota de mercado. Neste contexto e no âmbito da coordenação do sistema portuário nacional, os serviços do IPTM vão enfrentar nos próximos anos vários desafios, de que se destacam: a melhoria da competitividade dos portos, a promoção de investimentos, a reforma dos mercados portuários e a reforma laboral.

O IPTM está a desenvolver um processo de modernização, com base numa lógica de racionalidade na afectação e gestão de recursos, colocando ênfase na qualidade do serviço prestado e no relacionamento com os clientes/utentes. A Figura 4 apresenta uma tipologia genérica de clientes/utentes do IPTM, os quais constituem um leque muito amplo, que vai desde os clientes institucionais a agentes económicos, passando pelos cidadãos com interesses ou actividades na área marítima e portuária.

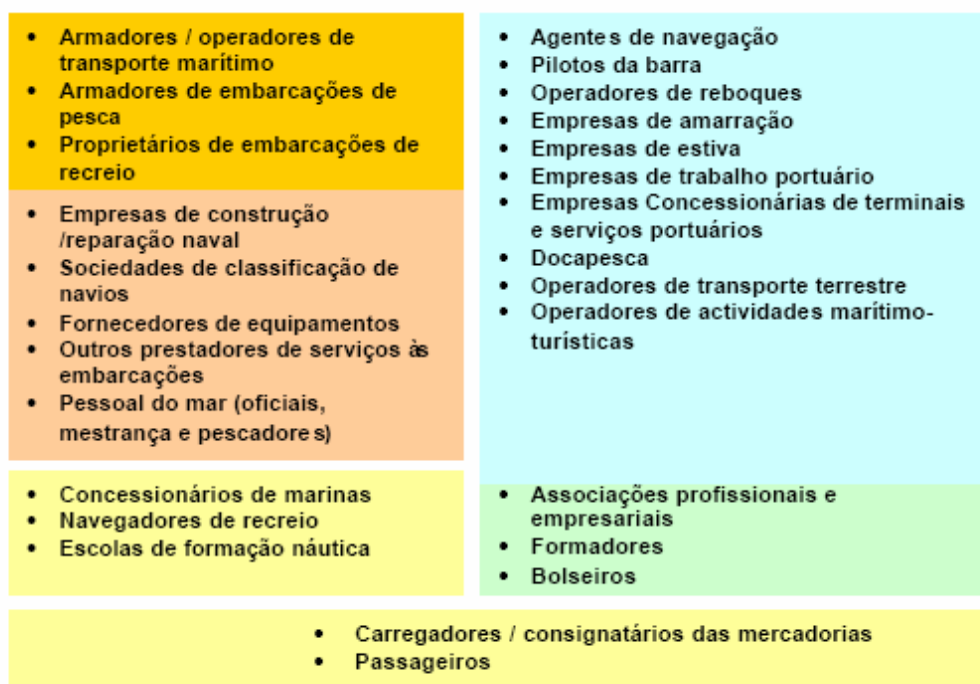


Figura 4. Clientes/Utentes IPTM, adaptado do Plano de Actividades 2004 do IPTM (2004).

### 2.3 AVALIAÇÃO INTERNA DAS NECESSIDADES

Como se pode imaginar, o IPTM produz e utiliza uma grande quantidade de informação geográfica ligada às áreas portuárias, toda georreferenciada. Muita da informação utilizada corresponde a levantamentos e a mapas que se encontram em formato papel, sendo necessário, frequentemente, recorrer a essa informação (por exemplo, mapas de base, levantamentos topo-hidrográficos, relatórios), que se encontra dispersa, não informatizada e por vezes até obsoleta, não estando sempre os dados organizados em formatos padronizados.

Para uma maior eficácia do trabalho desenvolvido e uma maior capacidade de análise, deve proceder-se à organização de toda a informação numa base de dados que possa ser partilhada pelos vários departamentos, ultrapassando dificuldades de acesso internas. A informatização permite alcançar níveis de produção mais elevados pela redução do tempo gasto nas tarefas, trazendo, assim, benefícios de eficácia. A formação dos técnicos e outros membros da equipa do IPTM é um aspecto fundamental a ter em conta.

As aplicações geográficas exigem alguns requisitos específicos na sua modelação, para a concepção do modelo para um sistema de informação geográfica (SIG), que permite a representação computacional de dados geográficos. O termo SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional dos dados geográficos (geoprocessamento) e



armazenam a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projecção cartográfica (CÂMARA *et al.*, 2001).

O processo de modelação conceptual dos dados compreende a descrição dos conteúdos dos dados e a sua estruturação. A complexidade dos dados adquiridos e informação produzida pelo IPTM torna necessária a construção de uma base de dados relacional. Essa base de dados permitirá o armazenamento estruturado dos dados, mostrando as relações entre eles. Uma base de dados desta natureza é o arranque para o modelo de SIG a implementar no IPTM.

Pode resumir-se um SIG, Figura 5, pelas suas cinco componentes essenciais: a entrada e integração dos dados; a interface com o usuário; as funções de processamento gráfico e de imagem; a visualização e impressão (*plotagem*); o armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de uma base de dados geográficos) (CÂMARA *et al.*, 2001).

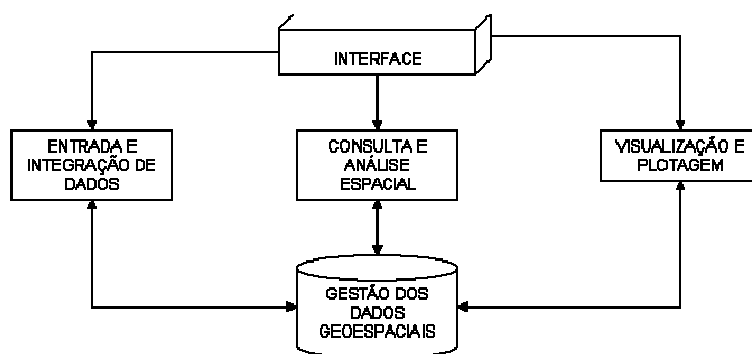


Figura 5. Componentes de um SIG, adaptado de CÂMARA, G. *et al.* (2001).

No âmbito das actividades desenvolvidas no IPTM, o SIG, se bem gerido, poderá desempenhar um papel fundamental na gestão, organização e planeamento das seguintes actividades (DIAS e MOTA, 2003):

- Construção e manutenção de portos (de recreio, de pesca, comerciais...);
- Construção de infra-estruturas que permitam a regularização e manutenção de canais de navegação (construção de cais, retenções marginais, molhes, esporões artificiais, fixação de barras...);
- Operações de dragagem para a manutenção e ampliação da navegabilidade dos canais portuários;

- Registo do local de imersão dos sedimentos portuários originados pelas operações de dragagem;
- Implementação de outras informações como sondagens geológicas (para a caracterização geomecânica dos materiais) e recolha de amostras sedimentares em estações de amostragem, com vista à caracterização e análise dos sedimentos;
- Necessidade de controlo ambiental e de outros tipos de controlo, como sejam a existência de viveiros de bivalves nas áreas destinadas a canais de navegação e suas implicações na alteração dos canais.

As principais etapas, propostas e desenvolvidas neste trabalho, para a organização da informação do IPTM, relativa às operações de dragagem e campanhas de sondagens geológicas, apresentam-se resumidamente no esquema da Figura 6.

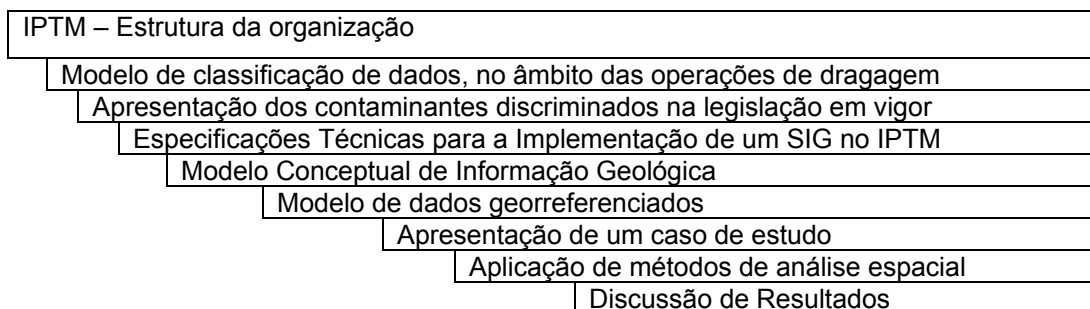


Figura 6. Representação esquemática das principais etapas a desenvolver no IPTM, para a organização de parte da informação geográfica a usar.

No sentido de se tentar perceber o que já foi feito e o que não foi bem sucedido, foram recolhidos testemunhos quer de pessoal técnico do IPTM, quer de uma das entidades externas (ISEGI-UNL) que foi contactada para a implementação de um SIG. Os testemunhos são apresentados no ANEXO 1 (DIAS e MOTA, 2003).

A implementação de um SIG no Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos - Sede afigura-se de grande importância, face aos avanços tecnológicos actuais e às necessidades crescentes de produção e tratamento de informação. Dadas as competências deste organismo ao nível da aquisição de dados e da produção de informação, deverão estar presentes critérios bem definidos e uniformizados que tenham em consideração as exigências e oportunidades que as novas tecnologias de informação disponibilizam. Deverão ser promovidas iniciativas no sentido da criação de grupos de trabalho com representantes dos vários organismos para a uniformização da informação geográfica

segundo padrões nacionais (ou até europeus), visando a partilha dessa informação. Os padrões de uniformização devem, sempre que aplicáveis, obedecer a normas comunitárias.

No que respeita à opinião das pessoas envolvidas nas tentativas anteriormente feitas para implementar um SIG no IPTM-Sede, a falta de maturidade e articulação dos técnicos bem como dos órgãos de gestão e de decisão estavam na origem do insucesso. Nunca foi apontado como razão para este último, a baixa qualidade dos sistemas. Todas as pessoas envolvidas admitem que as falhas teriam sido humanas. Não foram apuradas com clareza, as reais responsabilidades dos insucessos verificados. Os técnicos do IPTM mostram a necessidade que sentem em ter um SIG. O ISEGI corrobora essa opinião. Assim, é preciso ter presente os diversos contextos em que a tentativa de implementação de um SIG se enquadra, em cada época.

O sector portuário teria muito a ganhar com a implementação de um SIG, na medida em que poderia gerir com maior eficácia e eficiência todo o espólio de informação relativa à sua área de jurisdição. Neste trabalho, procuram desenvolver-se algumas das etapas associadas ao desenvolvimento e implementação de um SIG no IPTM, no âmbito da gestão das operações de dragagem.

### **3. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE MATERIAIS SEDIMENTARES PARA EFEITOS DAS OPERAÇÕES DE DRAGAGEM E GESTÃO DE DRAGADOS**

A localização dos portos, tem colocado desde há algum tempo problemas a nível dos respectivos ambientes costeiros bem como da gestão do litoral, sendo que, a maior parte das intervenções de dragagem no litoral são efectuadas em áreas portuárias. Infelizmente, desde os anos 70, o Estado deixou de ter a seu cargo qualquer organismo que, de uma forma sistemática, se preocupasse com as intervenções de dragagem no litoral, ficando esta actividade ao sabor das obras de emergência e, sem qualquer plano de acção que permitisse levar a cabo um trabalho baseado num sistema de gestão integrada, com base na formação técnica de elementos nacionais e na divulgação dos conhecimentos (PAIXÃO, 2000). Apenas se todas estas actividades forem devidamente divulgadas será possível a sua apreciação pelo cidadão contribuinte e, também pelos governantes (PAIXÃO, 2000).

De um modo geral, quando se fala de portos e das actividades que neles se desenvolvem, há tendência em estabelecer uma associação a eventuais impactes negativos a este sector, colocando em relevo os efeitos da implementação de uma nova infra-estrutura, ou realçando os riscos e os efeitos da movimentação de materiais nas áreas portuárias. Contudo, com base na análise de situações preexistentes e no exame fisiográfico e sócio-económico das diversas situações, é possível inferir um nível de questões reais, relativas ao sector portuário, diferentes da sensibilidade comum (PAIXÃO, 2000, 2001).

Numa análise objectiva constata-se, por exemplo que, em grande parte dos estuários, apenas fixando a sua configuração, tem-se possibilitado um certo controlo do regime hidráulico (fluvial e marítimo) de maneira a tornar viável a utilização segura das vias de navegação e a exploração portuária. Além disso, praticamente todas as áreas portuárias, situadas em zonas estuarinas ou em outras regiões, recebem efluentes e detritos muito diversos, originados a montante. Assim, uma área portuária não constitui propriamente um emissor de contaminantes, mas um receptor de materiais que podem já estar contaminados em diferentes graus quando atingem a zona portuária. Ainda que por vezes as operações de dragagem possam provocar a remoção de substâncias químicas contaminantes retidas em alguns leitos de sedimentos, é certo que, é possível hoje realizar as diversas operações necessárias de maneira a ter o controlo de todos os processos que, de qualquer modo apresentem algum risco (PAIXÃO, 2000, 2001).

Como é do conhecimento comum, sem profundidades adequadas em áreas portuárias e em portos de recreio, a navegação e o tráfego marítimo ficariam significativamente restringidos. Assim, as operações de dragagem e a deposição adequada dos materiais dragados são

actividades essenciais para a navegação marítima industrial, como também, para o sector da defesa nacional. Estima-se que nas águas portuguesas sejam dragados anualmente cerca de doze milhões de metros cúbicos de materiais. Destes, cerca de quatro milhões são dragados em áreas portuárias, na sua maioria imersos em meio aquático, nos estuários, no mar aberto, ou depositados em dunas e praias, sendo uma grande parte dos materiais dragados utilizada na industria construtiva. Num contexto global, alguns locais das áreas costeiras e portuárias nacionais apresentam vestígios de materiais contaminados. No total de materiais dragados, cerca de 5% são pouco contaminados e, menos de 1% são contaminados (PAIXÃO, 2004b).

Com a dragagem de sedimentos, é possível que substâncias químicas perigosas, neles contidas, sejam libertadas para o ambiente aquático, causando a longo termo impactes ambientais, afectando os sistemas aquáticos, a industria de pesca e, outros usos legítimos do mar, sendo assim necessária uma gestão cuidada destas actividades por forma a serem minimizados os efeitos lesivos (PAIXÃO, 2004a).

Em Portugal, a morfologia costeira e a baixa disponibilidade de depósitos terrestres adequados, são constrangimentos chave nas estratégias de gestão dos sedimentos dragados. O volume anual médio de materiais dragados e escavados nas áreas portuárias, cerca de 4 milhões de metros cúbicos, não tem qualquer tipo de utilização útil ou benéfica (PAIXÃO, 2004b).

Neste contexto, o objectivo principal deste trabalho consiste no estudo da aptidão ambiental dos sedimentos a dragar para efeitos de imersão no mar, pela classificação dos materiais dragados originados nas operações de dragagem.

Assim, desenvolveram-se paralelamente dois tipos de métodos:

- Análises físico-químicas de sedimentos e comparação com os valores discriminados no Despacho Conjunto, que representam os limites de qualidade ambiental.
- Ensaios de classificação de materiais dragados e áreas de dragagem, pela realização de operações de análise espacial, recorrendo à álgebra de mapas, pela utilização de ferramentas SIG, nomeadamente a aplicação *Spatial Analyst* do ArcGIS 8.x da ESRI.

O modelo de dados, as operações de geoprocessamento e de análise espacial de informação geográfica, são representados em fluxogramas, que esquematizam as entidades geográficas, o seu formato de dados, e as operações a realizar.

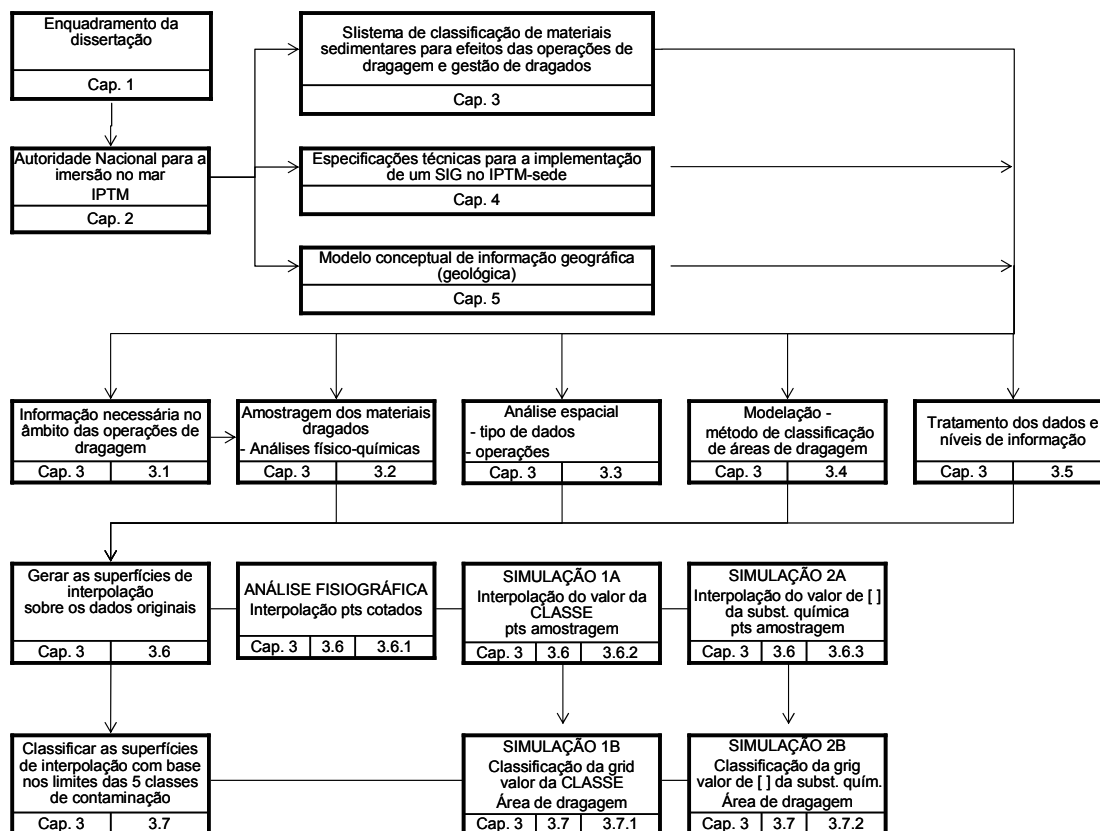


Figura 7. Fluxograma representativo da organização da dissertação, quanto à implementação da metodologia.

Estes métodos foram implementados num caso de estudo, ver ponto 6, como se esquematiza na Figura 8.

Neste trabalho, pretende-se comparar a Simulação 1A com a Simulação 2A, esquematizadas na Figura 8, que permitem gerar as superfícies de estimação dos valores das classes de contaminação e das concentrações das substâncias químicas nos sedimentos dragados respectivamente, pela aplicação de três métodos de interpolação: *IDW*, *Spline* e *Kriging*, disponíveis no *Spatial Analyst*.

A análise comparativa dos métodos de interpolação é realizada recorrendo à análise comparativa das superfícies classificadas, Simulação 1B e 2B, nomeadamente pela análise das superfícies de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtidas da classificação das superfícies geradas nas simulações 1A e 2A.

Assim, pretende-se, seleccionar o método de interpolação mais apropriado (dos estudados), bem como, seleccionar a simulação que se mostrar mais adequada para análise espacial realizada.

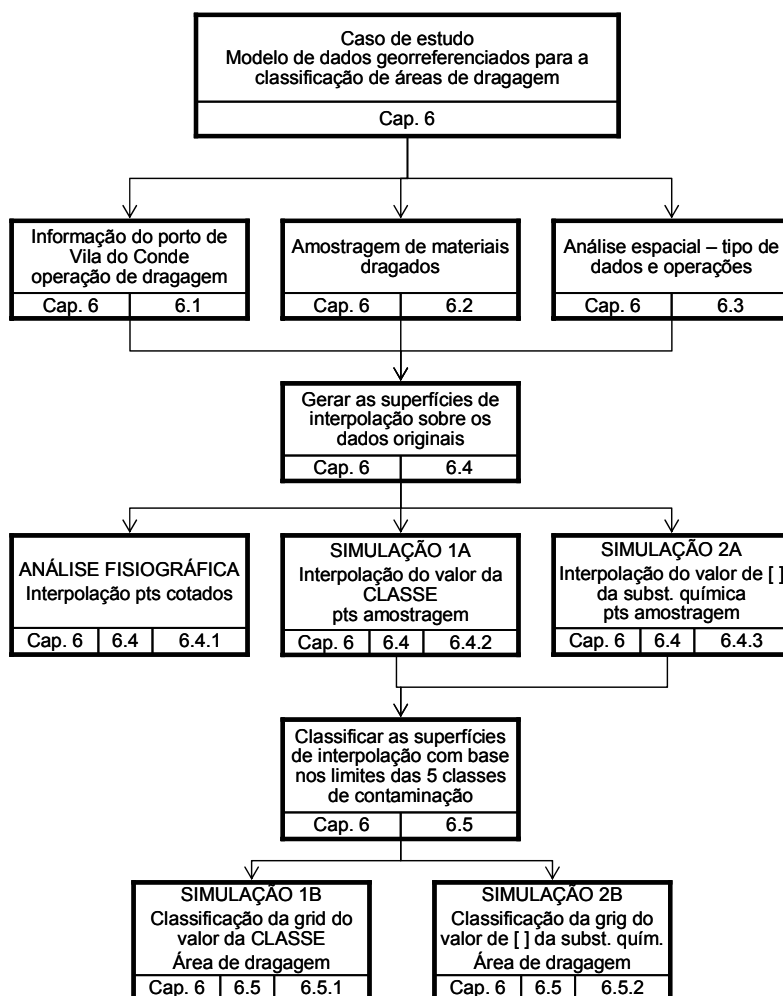


Figura 8. Fluxograma representativo da organização da dissertação, quanto à implementação do caso de estudo.

### 3.1 INFORMAÇÃO NECESSÁRIA NO ÂMBITO DAS OPERAÇÕES DE DRAGAGEM

O termo dragagem é por definição, a escavação ou remoção de sedimentos ou rochas do fundo dos rios, lagos e, outros corpos de água, através de equipamento específico, genericamente denominado de draga, a qual, geralmente, consiste numa embarcação ou plataforma flutuante equipada com mecanismos necessários para se efectuar a remoção dos materiais dragados (TORRES, 2000).

As condições de execução das operações de dragagem, destinadas à construção de obras portuárias e marítimas, devem ser elaboradas com base nas especificações técnicas definidas no Despacho n.º 7/SEAMP/2001 do Secretário de Estado da Administração

Marítima e Portuário, de 11 de Outubro de 2001. Para efeitos de dragagem e gestão dos materiais dragados, integrando a imersão, devem ser analisadas as características e composição dos materiais a dragar, com base no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.

Tratando-se de materiais dragados a eliminar no mar, devem obter-se as seguintes informações:

- 1- Quantidade e composição;
- 2- Quantidade de substâncias e materiais a imergir (por: dia/ semana/ mês)
- 3- Forma como se apresentem para imersão (i.e. estado sólido/ lamas/ liquido)
  - a) Método de dragagem;
  - b) Determinação visual das características de sedimento (argila – vasa/ silte/ areia/ cascalho/ rochas);
  - c) Frequência das operações de dragagem;
- 4- Propriedades físicas (em particular, solubilidade e densidade), químicas, bioquímicas (carência de oxigénio, nutrientes) e biológicas (presença de vírus, bactérias, leveduras, parasitas, etc.);
- 5- Toxicidade;
- 6- Persistência;
- 7- Acumulação em seres vivos ou em sedimentos.

Estas três características 5), 6) e 7) poderão, eventualmente, compreender as seguintes análises:

- a) Análises de toxicidade aguda;
  - b) Análises de toxicidade crónica, capazes de avaliar os efeitos sub letais a longo prazo;
  - c) Análises visando a bioacumulação potencial das substâncias em questão;
- 8- Transformações químicas e físicas dos materiais dragados após imersão, nomeadamente a formação eventual de novos compostos;
- 9- Probabilidade de produção de substâncias que transmitam mau sabor aos recursos piscícolas (peixes, moluscos, crustáceos), com consequências na sua comercialização.
- 10- Na ausência de fontes apreciáveis de poluição, os materiais dragados podem ser isentos das análises referidas nos n.ºs 4), 5), 6) e 7).

Com os estudos preconizados, pretende-se facultar a evidência necessária para demonstrar, no âmbito da Convenção de OSPAR (1992), que as medidas de controlo aplicadas são suficientes para assegurar que, nos casos de imersão no mar dos materiais dragados, as capacidades dispersiva e assimilativa do meio marinho não são excedidas, pelo que não há deterioração do ambiente.



Estão incluídas nas especificações técnicas, a que devem dar cumprimento as operações de dragagem, elementos como: as medições, as campanhas de amostragem, a caracterização físico-química dos materiais a dragar, as especificações técnicas das operações de remoção dos produtos dragados e, das operações de eliminação desses materiais, como seja a imersão no mar, repulsão para depósito de recepção provisória e transporte para aterro (DIAS, 2003c, 2003d).

A partir da caracterização físico-química dos materiais a dragar e da avaliação da sua qualidade ambiental, define-se o destino dos materiais dragados.

### 3.2 AMOSTRAGEM DE MATERIAIS DRAGADOS

Antes de se iniciar uma operação de dragagem, é necessário caracterizar o material a dragar. As características e composição do material a dragar incluem a definição das suas propriedades físicas e químicas, para avaliar os níveis de contaminação dos sedimentos a dragar.

Amostrar todos os locais numa área de estudo para medir a magnitude ou concentração de um fenómeno é, normalmente, oneroso e difícil. Assim, são estrategicamente distribuídos pontos de amostragem na área de dragagem, em locais georreferenciados (DIAS, 2002). A partir dos dados de amostragem são usadas funções de cálculo de superfícies, com a finalidade de estimar valores que são assinados a todas as outras localizações, pela interpolação de valores para pontos desconhecidos, a partir dos valores de pontos de amostragem conhecidos (DIAS, 2003c, 2003d).

Considerando que, para efeitos de amostragem dos materiais dragados devem ser efectuados planos de amostragem adequados à operação de dragagem a realizar, devendo ser cumpridas as determinações constantes no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho foram recolhidos elementos resultantes de amostragem, efectuada nos termos da Tabela 4.

Tabela 4- Definição do número de estações de amostragem mínimas em função do volume de materiais a dragar, adaptado de DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.

<b>Volume dragado (metros cúbicos - m<sup>3</sup>)</b>	<b>Número de estações de amostragem</b>
Até 25 000	3
25 000 - 100 000	4 - 6
100 000 - 500 000	7 - 15
500 000 - 2 000 000	16 - 30
> 2 000 000	Mais 10/ 1 milhão de m <sup>3</sup>

As estações de amostragem foram georreferenciadas a partir da margem, pela utilização de equipamento topográfico, neste caso, uma estação total. As amostras de sedimentos foram recolhidas com um amostrador munido de dispositivo de sucção, manobrado por mergulhadores da firma Xavi-Sub – Mergulhadores Profissionais, Lda., a bordo de uma embarcação. Aquele amostrador foi concebido por aquela firma, para a colheita de sedimentos até (2,0) e (4,0) metros de profundidade, com recuperação de *cores* (amostra de recuperação por sondagem geológica) de sondagem sob a forma de amostras de sedimentos não remexidos (DIAS, 2002), como se apresenta na Figura 9.

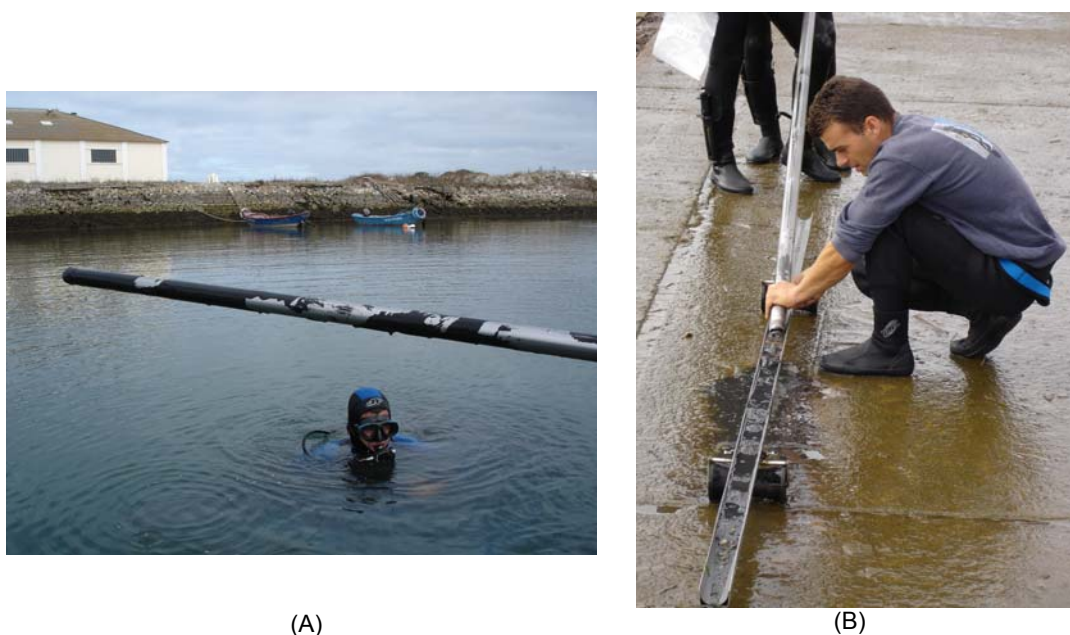


Figura 9. (A), (B) Amostrador, concebido pela empresa Xavi-Sub e, respectivas amostras de sedimentos.

Este amostrador, já em trabalhos anteriores demonstrou ser muito eficaz na obtenção de sedimentos superficiais e de profundidade, permitindo a colheita de um *core* de sondagem com dois a quatro metros, possibilitando ainda, sub-amostragens variadas para as diversas análises físico-químicas.

Note-se que, são recolhidas duas amostras sedimentares por cada estação de amostragem, com uma colheita à superfície e outra em profundidade, função da cota de dragagem a atingir. Sempre que necessário e, se a espessura da coluna dos sedimentos a dragar for superior a 2,0 metros, então é recolhida mais uma amostra sedimentar por cada 2 metros de profundidade (DIAS, 2002). No entanto, no presente trabalho, apenas são consideradas as amostras sedimentares colhidas à superfície, para a caracterização das áreas de dragagem apresentadas no caso de estudo, ver ponto 6.

Existem situações, onde se levantam dificuldades técnicas na implementação de métodos de amostragem mais exactos para a caracterização de áreas de dragagem. Um dos obstáculos reside no facto de a legislação em vigor não contemplar a aplicação de uma rede de amostragem mais exacta, isto é, adaptada à extensão da área de dragagem bem como ao volume dos materiais a dragar, e não somente adaptada ao volume dos materiais a dragar. Outro obstáculo reside na divergência de opinião, entre o corpo técnico e o conselho de administração do IPTM na implementação dos estudos necessários à caracterização de áreas de dragagem, nomeadamente devido aos custos associados a estes trabalhos. É procurado, nestes casos, o bom senso de decisão.

### **3.2.1 ANÁLISES FÍSICAS**

As propriedades físicas dos sedimentos incluem: Densidade; Percentagem de sólidos; Granulometria (percentagem de areia, silte, argila); Carbono orgânico total (<2 milímetros).

Na análise física, salienta-se a caracterização granulométrica que, pretende definir a classe textural dos sedimentos a partir das percentagens das fracções argilosa, siltosa e arenosa (PETTIJOHN, 1975). A classificação textural constitui a primeira etapa da caracterização e identificação dos diferentes tipos sedimentares presentes num meio e, em relação à qual grande parte dos outros parâmetros físico-químicos estão relacionados. A separação das fracções granulométricas das amostras de sedimentos é feita por crivagem por via húmida, segundo Norma LNEC E-239/1970.

### **3.2.2 ANÁLISES QUÍMICAS**

As propriedades químicas dos sedimentos incluem: a concentração dos metais: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni e Zn; a concentração dos compostos orgânicos como: *POLYCHLORINATED BIPHENYLS* - PCB's (congêneres IUPAC n.os 28, 52, 101, 118, 138, 153 and 180); *POLYAROMATIC HYDROCARBONS* - PAHs - [Benzo[a]pyrene, Benzo(b)fluoranthene, Benzo(ghi)perilene, Benzo(k)fluoranthene, Fluoranthene, Indene(123)pirene]; *HEXACHLOROBENZENE* – HCB, constantes da Tabela 5, e, outras substâncias químicas contaminantes que se julguem necessárias analisar, para feitos de avaliação da contaminação dos materiais dragados.

Os cinco mecanismos responsáveis pela acumulação dos metais pesados nos sedimentos são (FORSTNER, 1982 *in* FONSECA, 1995): (1)- ligação por adsorção às partículas de granulometria mais fina; (2)- precipitação dos compostos metálicos; (3)- co-precipitação de metais por meio de óxidos hidratados de ferro, alumínio, manganês e carbonatos; (4)- associação com moléculas orgânicas; (5)- incorporação em minerais.

Os fenómenos de adsorção envolvem fundamentalmente partículas de natureza coloidal de natureza mineral e, os óxidos de ferro e alumínio responsáveis pelos processos de precipitação e co-precipitação, apresentam uma das principais apetências das fracções mais finas. Observa-se então, que as partículas minerais argilosas facilitam a retenção de substâncias químicas contaminantes, reconhecendo-se o aumento dos teores das substâncias químicas com o aumento da fracção argilosa (FONSECA, 1995). Os minerais de argila, juntamente com a matéria orgânica, constituem a fracção mais activa dos sedimentos (FONSECA, 1995).

Os valores envolvendo metais são muito diversificados, variando consoante os sedimentos envolvidos. Em consequência, para estudar o impacto sobre o ambiente e sobre a eliminação dos sedimentos dragados, os teores de substâncias químicas contidas nos sedimentos apenas podem constituir um índice da sua disponibilidade química potencial, tendo em conta as suas características físico-químicas. Assim, para um determinado elemento tóxico, dada a variação da sua mobilidade e disponibilidade em função das características químicas, físicas e mineralógicas dos sedimentos, não é fácil definir limites superiores a partir dos quais serão considerados prejudiciais (FONSECA, 1995).

O DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho, pretende definir as linhas orientadoras para a boa prática da arte, as operações de dragagem e as condições de eliminação de materiais dragados, nomeadamente pela imersão no mar, garantindo sempre a não poluição do meio marinho.

É apresentada na Tabela 5 a classificação dos materiais dragados de acordo com o DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.

Tabela 5- Classificação de materiais dragados de acordo com o grau de contaminação, adaptado de DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5
<b>Metais (mg/kg)</b>					
Arsénio (As)	<20	[20-50[	[50 – 100[	[100 – 500]	> 500
Cádmio (Cd)	<1	[1-3[	[3 – 5[	[5 – 10]	> 10
Crómio (Cr)	<50	[50 – 100[	[100 – 400[	[400 - 1 000]	>1 000
Cobre (Cu)	<35	[35 – 150[	[150 – 300[	[300 – 500]	> 500
Mercúrio (Hg)	<0,5	[0,5 - 1,5[	[1,5 - 3,0[	[3,0 – 10]	> 10
Chumbo (Pb)	<50	[50 – 150[	[150 – 500[	[500 - 1 000]	> 1 000
Níquel (Ni)	<30	[30 – 75[	[75 – 125[	[125 – 250]	> 250
Zinco (Zn)	<100	[100 – 600[	[600 - 1 500]	[1 500 - 5 000]	> 5 000
<b>Compostos orgânicos (µg/kg)</b>					
PCB (soma)	<5	[5 – 25[	[25 - 100]	[100 – 300]	> 300
PAH (soma)	<300	[300 - 2 000[	[2 000 - 6 000[	[6 000 - 20 000]	> 20 000
HCB	<0,5	[0,5 - 2,5[	[2,5 – 10[	[10 – 50]	> 50

Com base nas análises químicas realizadas aos sedimentos é possível caracterizar os materiais dragados e, avaliar a sua qualidade ambiental. De acordo com o disposto no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho, a classificação dos materiais dragados tem por base cinco classes de qualidade ambiental, que se agrupam em duas categorias distintas, quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados em serem imersos no mar. Temos assim materiais dragados com aptidão ambiental para a imersão no mar, e materiais dragados não aptos à imersão no mar, Tabela 6.

Tabela 6- Classes de qualidade dos sedimentos (material dragado), adaptado de DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.

<b>CLASSE 1</b>	<b>Material dragado limpo</b> - pode ser depositado no meio aquático ou repostado em locais sujeitos a erosão ou utilizado para alimentação de praias sem normas restritivas.
<b>CLASSE 2</b>	<b>Material dragado com contaminação vestigiária</b> - pode ser imerso no meio aquático tendo em atenção as características do meio receptor e o uso legítimo do mesmo.
<b>CLASSE 3</b>	<b>Material dragado ligeiramente contaminado</b> - pode ser utilizado para terraplenos ou no caso de imersão necessita de estudo aprofundado do local de deposição e monitorização posterior do mesmo.
<b>CLASSE 4</b>	<b>Material dragado contaminado</b> - deposição em terra, em local impermeabilizado, com a recomendação de posterior cobertura de solos impermeáveis.
<b>CLASSE 5</b>	<b>Material muito contaminado</b> - idealmente não será dragado; em caso imperativo, deverão os dragados ser tratados como resíduos industriais, sendo proibida a sua imersão e a sua deposição em terra.

De acordo com DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho, as cinco classes de contaminação dos sedimentos dragados são particularmente úteis como indicadores dos possíveis excessos das substâncias contaminantes que poderão ser prejudiciais.

Os resultados das análises efectuadas, avaliados em função dos critérios de qualidade de sedimentos estabelecidos no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho e definidos na Tabela 6, são então determinantes para a definição da forma de eliminação dos materiais dragados.

Num contexto mundial, apresentam-se graficamente na Figura 10, os limites máximos de concentração de substâncias químicas, permitidos para a imersão no mar, em materiais dragados, de acordo com as regulamentações de diversos países.

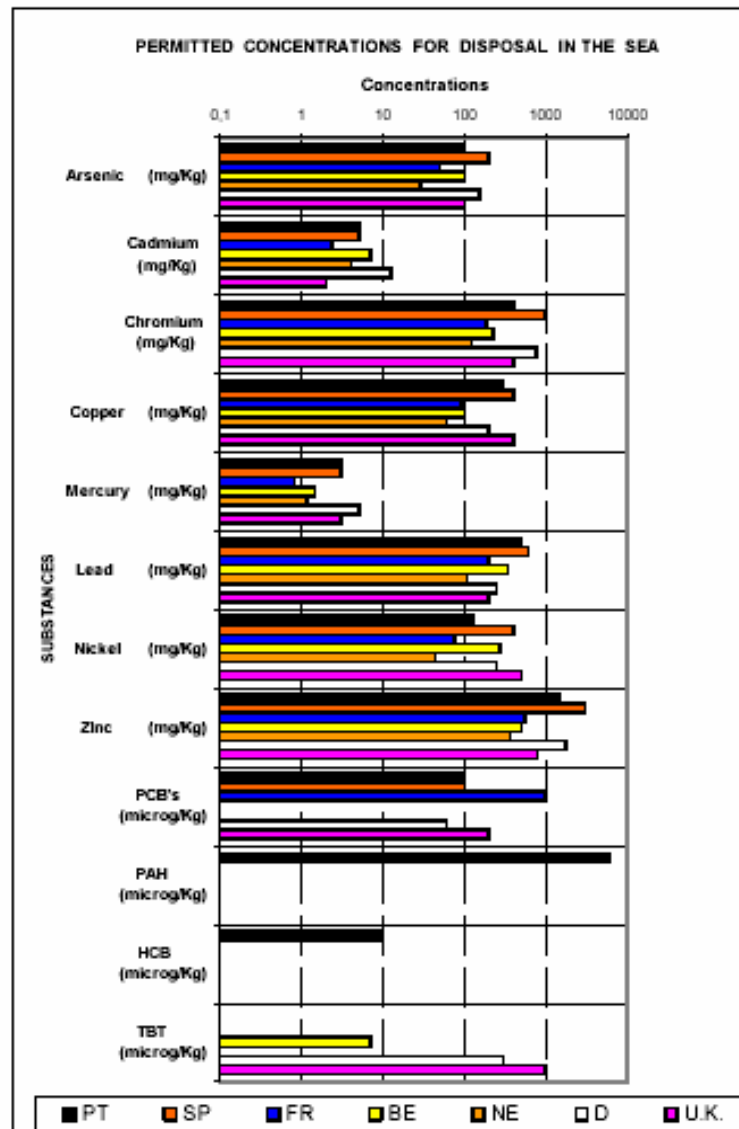


Figura 10. Limites máximos de concentração permitidos para a imersão no mar, de diversos países, adaptado de PAIXÃO, G. (2004a).

### 3.3 ANÁLISE ESPACIAL - TIPO DE DADOS E OPERAÇÕES

A análise espacial é um processo pelo qual é possível separar um sistema nas suas partes, de forma a revelar a sua natureza e relações, de forma a determinar os princípios gerais de comportamento (KRISHNA, [2004]), permitindo que os resultados da análise espacial sejam visualizados em mapas que mostram relações geoespaciais. Por meio da análise espacial é investigada a criação de um mapa de campo que expresse estimação da variação espacial de uma determinada característica em estudo, em que é usado um conjunto limitado de amostras de campo.

Os mapas são construídos com base na localização dos pontos de colheita de amostras de sedimentos em áreas de dragagem e, a partir dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas nos sedimentos a dragar, é estimado um modelo de dependência espacial, que permite a interpolação de superfícies, que são, então, apresentadas sob a forma de mapas.

Para caracterizar os problemas de análise espacial, foram considerados dois tipos de dados, de acordo com Krishna, G. ([2004]:

1. Eventos ou padrões pontuais – fenómenos expressos através de ocorrências identificadas como pontos localizados no espaço, denominados processos pontuais.
2. Superfícies contínuas – estimadas a partir de um conjunto de amostras de campo, que podem estar regularmente ou irregularmente distribuídas. Usualmente, este tipo de dados é resultante de levantamento de recursos naturais e que incluem mapas geológicos, topográficos, ecológicos, fisográficos, etc.

A partir desta divisão acima referida, verifica-se que em ambos os casos, as operações de análise espacial lidam com dados ambientais. Em ambos os casos a análise espacial envolve um conjunto de procedimentos encadeados, cuja finalidade é a escolha de um modelo que considere explicitamente os relacionamentos espaciais presentes no fenómeno geográfico.

No caso de análise de padrões de pontos, um objectivo é a própria localização espacial dos eventos em estudo. Para o caso de análise de superfícies, o objectivo é reconstruir a superfície a partir de pontos de amostragem, dos quais se retiraram dados relativos às amostras.

Em geral o processo de modelação é precedido de uma fase de análise exploratória, associada à apresentação visual dos dados sob a forma de gráficos e mapas de identificação de padrões de dependência espacial do fenómeno em estudo (CÂMARA *et al.*, 2001).

Os modelos de dados espaciais são geralmente apresentados em três grandes grupos: os de variação contínua; os de variação discreta e os de variação pontual (CÂMARA *et al.*, 2001), sendo os modelos de variação contínua os que melhor se aplicam à definição das áreas de dragagem, pois permitem gerar superfícies contínuas que definem as áreas de dragagem em zonas de risco, face à ocorrência de contaminantes, a partir de amostras de sedimentos recolhidas em diversos locais (amostra de pontos descontínuos).

As representações geométricas utilizadas incluem as seguintes alternativas (adaptado de CÂMARA *et al.*, 2001):

- **PONTOS 2D:** Um=ponto2D é um par ordenado  $(x,y)$  de coordenadas espaciais. Um ponto indica um local de ocorrência de um evento, como o caso do grau de contaminação de uma amostra de sedimentos aos materiais dragados.
- **POLÍGONOS:** Um=polígono é um conjunto de pares ordenados  $\{(x,y)\}$  de coordenadas espaciais, de tal forma que o último ponto seja idêntico ao primeiro. Na situação mais simples, cada polígono delimita um objecto individual, como seja uma área de dragagem, um canal de navegação ou um limite de jurisdição portuária.
- **AMOSTRAS:** consistem de pares ordenados  $\{(x,y,z)\}$  nos quais os pares  $\{(x,y)\}$  indicam as coordenadas geográficas e  $\{z\}$  indica o valor do fenómeno estudado para essa localização. Usualmente as amostras estão associadas a levantamentos de campo, como seja: a altitude, a concentração de uma substância química numa área de dragagem, a granulometria dos sedimento numa área portuária, etc. O conceito de amostra pode ser generalizado para o caso de múltiplas medidas numa mesma localização geográfica.
- **REDE REGULAR (*grid*):** é uma matriz onde cada elemento está associado a um valor numérico, e a matriz associada a uma região da superfície terrestre, a partir da coordenada inicial, normalmente referida ao canto inferior esquerdo da matriz e, de espaçamentos regulares nas direcções horizontal e vertical.
- **IMAGEM:** é uma matriz onde cada elemento está associado a um valor inteiro (usualmente de 0 a 255), utilizada para visualização. Esta matriz é utilizada para apresentação gráfica de uma rede regular, onde os valores numéricos da rede são escalonados para o intervalo de apresentação da imagem, os maiores valores serão mostrados em níveis de cinza mais claros e, os menores em níveis de cinza mais escuros.

As geometrias associadas a pontos, amostras e polígonos apresentam-se na Figura 11 e a rede regular (*grid*) na Figura 12, usualmente a referência geográfica dos dados está guardada nas coordenadas das estruturas de dados, que está associada a uma projecção cartográfica planar, ou a valores de latitude (coordenada Y) e longitude (coordenada X). Na Figura 13 apresenta-se uma superfície gerada por uma rede irregular de triangulação (*TIN*).



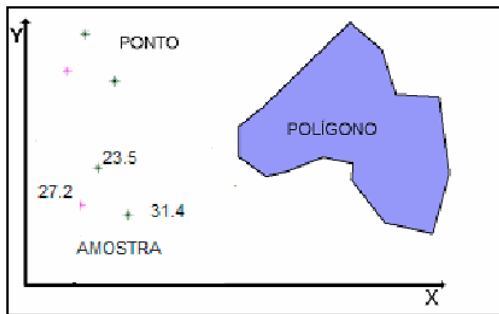


Figura 11. Geometrias: ponto2D, amostra e polígono, adaptado de CÂMARA, G. *et al.* (2001).

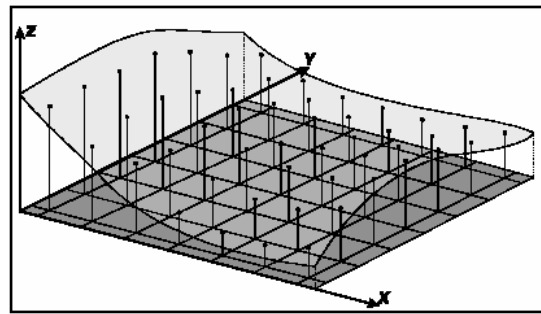


Figura 12. Representação geométrica da rede regular, adaptado de CÂMARA, G. *et al.* (2001).

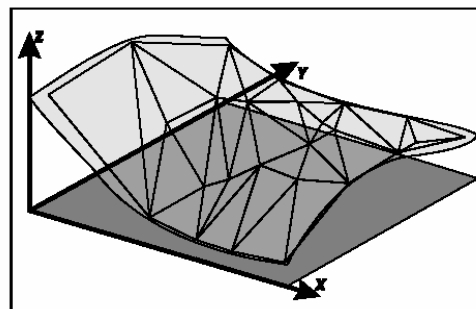


Figura 13. Superfície e malha irregular triangular correspondente, adaptado de CÂMARA, G. *et al.* (2001).

No modelo geo-relacional (ver ponto 5) os atributos descritivos de cada objecto são organizados na forma de uma tabela, onde as linhas correspondem aos dados (registos) e as colunas aos atributos (características). Cada linha da tabela corresponde aos valores associados a uma entidade geográfica. A cada entidade geográfica está associado um identificador único, através do qual é feita uma ligação lógica entre os seus atributos e a sua representação geométrica.

Para as superfícies, a situação mais comum é tratar apenas com arquivos gráficos, sem o armazenamento dos resultados num SGBD relacional, neste caso, a situação mais usual é que os dados de entrada são armazenados como amostras, adicionadas a um polígono com os limites da área de estudo (CÂMARA *et al.*, 2001). O processo de interpolação (estimação) produz uma rede regular que descreve de forma aproximada o fenómeno na área de estudo.

Para além da percepção visual da distribuição espacial de um fenómeno, é muito importante tentar definir padrões existentes com considerações objectivas e mensuráveis (CÂMARA *et al.*, 2001), constituindo uma análise espacial de dados geográficos, como:

- Estimar a extensão das áreas de dragagem e dos volumes de materiais dragados;

- Observação da distribuição espacial da concentração das substâncias químicas, de forma a traduzir a existência de algum padrão espacial, que possa estimar a distribuição de uma substância química numa área de dragagem;
- Análise dos materiais dragados para fins de aptidão ambiental quanto à permissão de imersão no mar; etc.

O ênfase da análise espacial é mensurar características e relacionamentos, tendo em conta a localização espacial do fenómeno em estudo, ou seja, incluindo o espaço à análise que se deseja realizar.

Um conceito chave na compreensão e análise dos fenómenos espaciais é a dependência espacial. De uma forma geral, pode-se afirmar que a maioria das ocorrências espaciais, naturais, apresentam uma relação entre si que depende da distância (CÂMARA *et al.*; 2001). Sendo assim transmitido o principio de que os locais próximos a uma amostra de sedimentos contaminados, têm uma maior probabilidade de também estarem contaminados.

Todas as funções importantes de análise de dados espaciais focam-se no desenvolvimento e síntese de relações espaciais nos dados, de forma a resolver problemas espaciais e a dar respostas científicas. De acordo com WRIGHT and BARTLETT (1999) as principais operações de análise espacial usadas num SIG são: a interpolação de dados, a geração de isolinhas de valores (ex.: curvas de nível, etc.), a geração de zonas de *buffer* e a “fusão” de temas. Estes autores, salientam ainda que, profissionais da geologia e geofísica marinha, utilizam comumente ainda outras operações de análise espacial como: o método de interpolação IDW e TIN, que estão disponíveis na maioria dos software de SIG do mercado.

Nas tabelas que seguem, apresentam-se algumas das funcionalidades analíticas para análise espacial disponíveis nas aplicações SIG.

Tabela 7- Funcionalidades analíticas para análise espacial em geologia e geofísica marinha (listadas alfabeticamente) disponíveis nas aplicações sig, adaptado de WRIGHT and BARTLETT (1999)

OPERAÇÃO ESPACIAL	DESCRIÇÃO
AZIMUTE	Geoprocessa o azimute e a localização geográfica de pontos
ANÁLISE DE DISTÂNCIAS	Calcula distâncias entre entidades, cria grids de distâncias a partir da fonte, cria polígonos de zonas de distâncias exe: BUFFER, REGIONBUFFER, POINTDISTANCE, NODEDISTANCE, EUCLIDEANDISTANCE, PATHDISTANCE, NEAR
BUFFER	Geoprocessa distâncias a partir de pontos, linhas e polígonos.
CLASSIFICAÇÃO DE ATRIBUTOS	Agrupa os valores dos dados dos atributos em classes.
DECLIVE E ORIENTAÇÃO DE DECLIVES	Geoprocessa os declives e a orientação dos declives baseado num plano apropriado.
DESIGNAÇÃO	Criação de polígonos em volta de pontos, cálculo de distancias

<b>OPERAÇÃO ESPACIAL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
TERRITORIAL	territoriais; ex.: polígonos de THIESSEN, ALLOCATE, EUCLIDIANALLOCATION
ESTATÍSTICA DESCRITIVA NÃO ESPACIAL	Análise de frequências, medidas de dispersão (variância, desvio padrão, intervalos de confiança), medidas de tendências centrais (média, mediana, moda), intervalo, percentis.
ESTATÍSTICA DE ESTIMAÇÃO NÃO ESPACIAL	Ex.: CORRELAÇÃO, REGRESSÃO, DIAGRAMAS DE DISPERSÃO, HISTOGRAMA.
FUNÇÕES ZONAIS	Calculam o tamanho e a forma de regiões; ex.: ZONALAREA, ZONALPERIMETER, ZONALTHICKNESS, ZONALGEOMETRY.
INTERPOLAÇÃO	Métodos ex.: IDW, SPLINE, KRIGING, TIN.
MERGE	Fusão de temas, dois temas de informação são associados na mesma área.
OPERAÇÕES ARITMÉTICAS	Calcula um valor aritmético baseado noutros valores aritméticos (ex.: /, *, -, +).
OPERAÇÕES DE SOBREPOSIÇÃO (OVERLAY)	Operadores de Dados – ex.: pontos/ linhas/ polígonos <i>IN/ ON</i> Operadores Boleanos – ex.: <i>AND, OR, NOT</i> , ponto dentro de polígono, ponto sobre linha, linha dentro de polígono, polígono dentro de polígono.
REPOSIÇÃO/ SUBSTITUIÇÃO	Substitui os valores das células por novos valores que reflectem a combinação dos valores das células vizinhas; ex.: MÉDIA, MAX, MIN, TOTAL, DESVIO PADRÃO, MAIS FREQUENTE, MENOS FREQUENTE
TIN – TRIANGULATED IRREGULAR NETWORK	A TIN modela o terreno a partir da triangulação irregular de pontos 3D.
VIZINHO MAIS PRÓXIMO	Geoprocessa o fenómeno geográfico mais próximo a outro fenómeno.

Em modelação, recorre-se à utilização de vários modelos, como: a)- modelos determinísticos e, b)- modelos geoestatísticos (SOARES, 2000).

Na modelação de superfícies (interpolação) são usadas funções matemáticas e, inclui-se a análise de superfícies de direcção/ tendência (TOBLER, 1964, 1993).

#### a) MODELOS DETERMINÍSTICOS

Existe um conjunto de métodos deterministas que não pretendem mimar o fenómeno físico através do conjunto de factores que estão na sua origem, mas têm simplesmente por objectivo a interpolação espacial dos valores observados (SOARES, 2000).

Alguns dos métodos deterministas apresentados – polígonos de influência, triangulação e inverso da potência das distâncias (*IDW*) – calculam um valor de uma dada grandeza no espaço entre as amostras ou observações a partir de uma combinação linear dos valores observados. Estes métodos têm por base critérios geométricos para determinar a influência das amostras, isto é, a maior ou menor proximidade (uma medida euclidiana) dos valores observados ao ponto a estimar (SOARES, 2000). São modelos que têm por objectivo quantificar a dependência espacial entre os valores das amostras, utilizando uma abordagem simples e expedita.

## b) MODELOS GEOESTATÍSTICOS

Nestes modelos, os dados amostrais são interpretados como provenientes de um processo aleatório. Estes modelos incorporam a incerteza na sua conceptualização, não significa que o fenómeno em si tenha resultado de um processo aleatório, mas servindo de base metodológica à inferência espacial ou estimação de grandezas em áreas não amostradas e à quantificação da incerteza associada ao estimador (SOARES, 2000).

Permitem representar fenómenos naturais de uma maneira matemática, sendo que constituem uma maneira de compreender dados espaciais e, incluem: variogramas, correlogramas e *kriging* (ISAKS and STRIVASTAVA, 1989, CRESSIE, 1993). Este modelo, propõe realizar a interpolação espacial dos valores observados, através de uma metodologia probabilista (SOARES, 2000).

São modelos que têm por objectivo quantificar a dependência espacial entre as amostras, através da utilização de técnicas geoestatísticas, cuja hipótese central é o conceito de estacionariedade, que pressupõe um comportamento homogéneo da estrutura de correlação espacial na área de estudo (CÂMARA *et al.*; 2001). Deve ser observado que a estacionariedade é uma hipótese de trabalho não restritiva na abordagem de problemas não-estacionários (CÂMARA *et al.*, 2001).

Os dados geológicos e ambientais resultam de fenómenos naturais de longa e média duração, sendo as hipóteses de estacionariedade decorrentes da relativa estabilidade dos processos que originam esses fenómenos, implicando que aquelas hipóteses estejam presentes num grande número de situações.

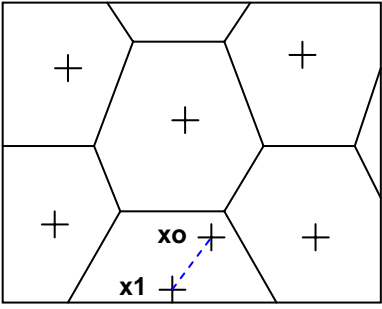
A expressão computacional do conceito de dependência espacial é a autocorrelação espacial, derivando este termo do conceito estatístico de correlação, utilizado para mensurar o relacionamento entre duas variáveis aleatórias, A preposição “auto” indica que a medida de correlação é realizada com a mesma variável aleatória, medida em locais distintos do espaço (CÂMARA *et al.*, 2001). Para medir a autocorrelação espacial, podem ser usados diferentes indicadores, todos baseados em verificar como varia a dependência espacial, a partir da comparação entre os valores de uma amostra e dos seus vizinhos.

A dependência espacial conduz a uma perda do poder explicativo. Isto reflecte variâncias maiores para as estimativas, níveis menores de significância em testes de hipóteses e um pior ajuste para os modelos estimados, comparados a dados com a mesma dimensão que exibam independência. Assim, na maioria dos casos, a perspectiva mais adequada consiste em considerar os dados não como um conjunto de amostras independentes, onde cada observação traz uma informação independente), mas como uma única realização de um

processo estocástico, onde todas as observações são utilizadas de forma conjunta para descrever o padrão espacial do fenómeno estudado (CÂMARA *et al.*, 2001).

Na Tabela 8 apresentam-se alguns dos métodos de interpolação disponíveis num SIG, descrevem-se os métodos e indicam-se algumas das suas limitações quanto à aplicabilidade a um caso concreto.

Tabela 8- Métodos de interpolação adaptados de KIRK, K. (2003), SOARES, A. (2000); MATOS, J. (2001) e PRYAKANT, N. *et al.* ([2004]).

Interpoladores	Descrição
a) MÉDIA	É um pesado e verdadeiro método de interpolação; mas muito simples. Neste método assina-se o mesmo valor de estimado a todos os pontos do espaço, sendo o valor estimado obtido da média aritmética de todos os valores amostrados.
b) VIZINHO MAIS PRÓXIMO	Este método simplesmente assina o valor da célula mais próxima ao ponto a estimar. Produz-se um mapa muito descontínuo.
c) POLÍGONOS DE INFLUÊNCIA	<p>Neste método, o espaço é discretizado em polígonos centrados em cada amostra. A dimensão dos polígonos é determinada pela distância das amostras entre si e é uma medida de influência espacial de cada uma delas para a inferência de valores locais ou globais. Assim, todos os pontos que pertencem a um polígono tomam o valor da amostra do centro do polígono. Qualquer ponto no espaço tem o valor estimado igual ao valor da amostra mais próxima, que é a do centro do polígono em que o ponto está contido. Trata-se de um método interpolador que só toma em conta o valor de uma só amostra e que por isso é aplicado normalmente em malhas muito densas de amostras ou em estimações de valores globais, isto é, médias ponderadas das amostras em que os ponderadores de cada amostra são proporcionais às áreas dos polígonos.</p>  <p>Figura 14. Método dos polígonos de influência: o ponto <math>x_0</math> toma o valor da amostra mais próxima, <math>x_1</math>, adaptado de SOARES, A. (2000).</p>
d) TIN (rede irregular triangulada)	<p>A TIN é um objecto usado para representar uma superfície altimétrica e hidrográfica 3D. Este método divide a superfície do terreno em triângulos contíguos não sobrepostos, tendo por vértices as amostras. Cada valor de altitude é guardado em cada vértice (nodo) do triângulo, podendo acomodar conjuntos de dados distribuídos irregularmente ou selectivos. As cotas entre vértices, isto é, o valor de cada ponto no espaço é estimado por uma média ponderada dos 3 vértices do triângulo que contém o ponto. Os ponderadores são calculados de acordo com a proximidade do ponto aos vértices tendo por base a equação do plano definido pelos valores das amostras/ vértices.</p> <p>O ponto <math>x_0</math> de coordenadas <math>(x, y)</math> contido no triângulo definido pelos pontos <math>(x_1, y_1), (x_2, y_2)</math> e <math>(x_3, y_3)</math>, tem o valor [1]:</p>

Interpoladores	Descrição
	<p>[1] <math>z = ax + by + c</math> ; em que os coeficientes <math>a, b, c</math> são obtidos pelo sistema de equação do plano que contém <math>x_0</math> , [2]:</p> $[2] \begin{cases} ax_1 + by_1 + c = z_1 \\ ax_2 + by_2 + c = z_2 \\ ax_3 + by_3 + c = z_3 \end{cases}$ <div data-bbox="716 595 1160 945" style="text-align: center;"> </div> <p>Figura 15. Método de triangulação: o valor de <math>x_0</math> é uma média ponderada das 3 amostras/ vértices (<math>x_1, x_2, x_3</math>) do triângulo que contém <math>x_0</math>, em que os ponderadores são proporcionais à distância de <math>x_0</math> a cada um dos vértices, adaptado de SOARES, A. (2000).</p> <p>Trata-se de um estimador, de um valor local, mais rico que os polígonos de influência, na medida em que, para a estimação desse valor, intervêm as 3 amostras mais próximas.</p>
e) IDW	<p>Generalizando a ideia de incluir um número maior de valores amostrais observados na estimação de um ponto, surge o método do inverso da potência das distâncias. Neste método usa-se uma média móvel ponderada, onde todos os pontos amostrados que estejam próximos num certo raio contribuem com pesos inversamente proporcionais à sua distância. Este método de interpolação, pesa as contribuições de cada ponto de <i>input</i>, pelo inverso da distância do ponto de controlo ao ponto de interpolação (quanto mais perto, mais pesa).</p> <p>O método IDW assume que cada ponto de input tem uma influência local que diminui com a distância. Este método pesa mais os pontos mais próximos, do que aqueles que estão mais afastados. Um número pré-determinado de pontos ou, todos os pontos num raio especificado, são usados para determinar o valor <i>output</i> para cada localização.</p> <p>O mais importante parâmetro do interpolador IDW controla a significância dos pontos vizinhos sob o ponto interpolado. Uma maior influência dos valores mais próximos do que dos mais distantes.</p> <p>Cada linha numa barreira introduz um tema linha que é usado como uma quebra que limita a procura dos dados de amostragem <i>input</i>. Uma linha pode representar uma interrupção no terreno (uma falha geológica, uma falésia, um rift, etc.).</p> <p>Neste método, os valores interpolados nunca atingem o valor máximo ou mínimo das amostras, podendo, nestes casos, os resultados da interpolação não traduzirem a realidade (linhas de cumeada, linhas de água, etc.).</p>

Interpoladores	Descrição
	<p>O método IDW estima os valores das células da grid, assinando para cada célula os valores dos dados dos pontos de amostragem seus vizinhos. Quanto mais próximo um ponto de amostragem estiver da célula a estimar, tanto mais influência ou peso têm no processo de cálculo da média.</p> <div data-bbox="711 392 1153 739" data-label="Diagram"> </div> <p>Figura 16. Método do inverso da potência das distâncias: o valor de <math>x_0</math> é uma média ponderada das <math>N</math> amostras vizinhas, em que os ponderadores são determinados pelo inverso da potência das distâncias de cada uma das amostras a <math>x_0</math>, adaptado de SOARES, A. (2000).</p> <p>A influência de cada uma das amostras no valor estimado de um ponto é determinado pelo inverso da sua distância ao ponto elevada a uma potência. A escolha da potência é arbitrária – quanto maior é a potência, maior é a influência da amostra mais próxima e, quando a potência é nula, o ponderador é igual para qualquer amostra. A potência 2 é a mais utilizada, sendo por isso, muitas vezes conhecido pelo método do inverso do quadrado das distâncias, [3]:</p> $z = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^2} z_i}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^2}}$ <p>sendo <math>d_i</math> a distância das amostras <math>x_i</math> ao ponto a estimar <math>x_0</math>.</p> <p>Apesar deste método poder incluir um maior número de valores observados na estimação de um ponto e, por esse critério, poder ser considerado um melhor estimador do que o método dos polígonos de influência ou dos triângulos, contém no entanto uma limitação que, em alguns casos, pode ser impeditiva da sua utilização: em presença de agrupamentos preferenciais de amostras (<i>clusters</i>). O método dos polígonos ou dos triângulos tendem a fornecer estimadores não-enviesados, porque desagregam a influência das amostras – amostras agregadas têm menos peso que amostras isoladas. O método do inverso das potências, pelo contrário, não desagrega os agrupamentos preferenciais de amostras: qualquer amostra de um grupo tem a mesma influência (isto é, o mesmo ponderador) que a amostra isolada, desde que as distâncias ao ponto a estimar sejam as mesmas.</p>
f) SPLINE	<p>Este método usa uma superfície polinomial para interpolar os valores de pontos de amostragem. Ajusta uma superfície de curvatura mínima aos pontos input, isto é, ajusta uma função matemática a um número específico de <i>input</i> de pontos vizinhos, enquanto passa pelos pontos de amostragem. Conceptualmente, é como se fosse um lençol que se faz passar em todos os pontos amostrados, devidamente ajustado de forma a minimizar a curvatura total da superfície. Este método estima o valor de cada célula da grid, fixando uma superfície de curvatura mínima aos dados de amostragem.</p>

Interpoladores	Descrição
	<p>Uma interpolação polinomial obtém-se por ajustamento de uma superfície com expressão polinomial aos valores pontuais conhecidos, em que os parâmetros são em geral estimados por mínimos quadrados.</p> <p>Uma vez calculados os parâmetros, necessariamente sobre uma versão linearizada do polinómio, o valor para um ponto de coordenadas (x,y) será dado por [4]:</p> $[4] \quad z = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^{m-i} a_{ij} x^i y^j$ <p>As interpolações polinomiais apresentam como inconveniente gerarem superfícies suavizadas e pouco sensíveis a variações locais. Assim, é um método melhor para superfícies de variação suave, onde as mudanças na fisiografia ou de um fenómeno não são abruptas. Este método não é apropriado, se existirem grandes alterações na superfície numa curta distância horizontal, porque nesses casos podem ser ultrapassados os valores estimados.</p> <p>A aplicação <i>Spatial Analyst</i> do <i>ArcGIS 8.x-ESRI</i>, utiliza duas opções de <i>Spline</i>, designadas por regularizada e de tensão, com a expressão genérica [5]:</p> $[5] \quad \hat{v}(x, y) = T(x, y) + \sum_{j=1}^n \lambda_j R(r_j)$ <p>em que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>n</math> é o número de pontos;</li> <li>- <math>\lambda_j</math> são coeficientes determinados por resolução de um sistema de equações lineares;</li> <li>- <math>r_j</math> são as distâncias do ponto de coordenadas (x,y) ao ponto <math>j</math>.</li> </ul> <p>Os termos <math>T(x,y)</math> e <math>R(r)</math> são diferentes para o caso da <i>Spline</i> Regularizada ([6] e [7]) ou da <i>Spline</i> de Tensão ([8] e [9]).</p> <p>Para o caso da <i>Spline</i> Regularizada tem-se [6] e [7]:</p> <p>Este método cria uma superfície suave, que muda gradualmente, estima valores que podem sair do intervalo de dados de amostragem.</p> $[6] \quad T(x, y) = a_1 + a_2 x + a_3 y$ $[7] \quad R(r) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{r^2}{4} \left[ \ln\left(\frac{r}{2\pi}\right) + c - 1 \right] + \tau^2 \left[ K_0 \frac{r}{\tau} + c + \ln\left(\frac{r}{2\pi}\right) \right] \right\}$ <p>Para o caso da <i>Spline</i> de Tensão tem-se [8] e [9]:</p> <p>Este método afina os constrangimentos da superfície de acordo com o carácter do fenómeno modelado, cria uma superfície com valores constrangidos ao intervalo dos dados de amostragem.</p> $[8] \quad T(x, y) = a_1$ $[9] \quad R(r) = \frac{1}{2\pi\phi^2} \left[ \ln\left(\frac{r\phi}{2}\right) + c + K_0(r\phi) \right]$ <p>em que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>\tau</math> e <math>\phi</math> são definidos pelo utilizador;</li> <li>- <math>r</math> é a distância entre o ponto em cálculo e o ponto da amostra;</li> </ul>



Interpoladores	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>K_0</math> é a função de Bessel modificada;</li> <li>- <math>c</math> é uma constante de valor (0,577215);</li> <li>- <math>a_i</math> são coeficientes determinados pela resolução de um sistema de equações lineares.</li> </ul>
<p>g) KRIGING</p>	<p>É um método de estimação geoestatístico que, consiste num estimador linear. É um método de inferência espacial – estimação – de uma grandeza num determinado suporte (ponto, área, local, volume) não amostrado <math>Z(x_0)</math>, localizado genericamente em <math>x_0</math>, com base numa combinação linear de valores conhecidos dessa grandeza <math>Z(x_\alpha)</math> em pontos de coordenadas <math>x_\alpha = 1, \dots, N</math>. Este método usa uma combinação linear de todos os valores amostrados e, os seus pesos determinados pelas suas distâncias ao ponto a estimarem. O estimador linear geoestatístico, denominado Krigagem Normal, pode ser definido por [10]:</p> <p>[10] <math display="block">[Z(x_0)]^* = \sum_{\alpha=1}^N \lambda_\alpha Z(x_\alpha)</math></p> <p>Em relação aos ponderadores, <math>\lambda_\alpha</math>, pretende-se que eles resumam dois efeitos extremamente importantes num processo de inferência espacial: em primeiro lugar, devem reflectir a maior ou menor proximidade estrutural das amostras <math>Z(x_\alpha)</math> em relação ao ponto a estimar <math>Z(x_0)</math> e, ao mesmo tempo, devem ter efeito desagregador de eventuais agrupamentos preferenciais (<i>clusters</i>) de amostras, de modo a evitar o enviesamento causado por este. Para o cálculo dos ponderadores <math>\lambda_\alpha</math>, o formalismo geoestatístico assenta em dois critérios de qualidade: o não-enviesamento e a variância de estimação mínima.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Figura 17. Esquema ilustrativo do processo de interpolação espacial geoestatístico, adaptado de SOARES, A. (2000).</p> <p>Neste modelo probabilístico, o valor desconhecido <math>Z(x_0)</math> é interpretado como uma variável aleatória localizada em <math>x_0</math>, tal como os valores das amostras vizinhas <math>Z(x_\alpha)</math>, <math>\alpha = 1, \dots, N</math>.</p> <p>A Krigagem Normal (<i>Ordinary Kriging</i>) é a denominação do mais usual dos algoritmos de krigagem, uma família que cobre entre muitos, os estimadores não estacionários – krigagem simples e krigagem universal.</p> <p>O estimador [10], é uma combinação linear do conjunto de <math>N</math> variáveis vizinhas de <math>x_0 - Z(x_\alpha)</math>, <math>\alpha = 1, \dots, N</math> que cumpre os dois critérios ([12] e [13]) em</p>

Interpoladores	Descrição
	<p>relação ao erro de estimação [11]:</p> <p>[11] <math>\varepsilon(x_0) = [Z(x_0)]^* - Z(x_0)</math>: [12] e [13]:</p> <p>[12] não-enviesamento: <math>E\{\varepsilon(x_0)\} = 0</math> - primeiro critério de qualidade do estimador <math>[Z(x_0)]^*</math>, diz respeito à sua esperança;</p> <p>[13] Variância de estimação mínima: <math>\min \{\text{var}(\varepsilon(x_0))\}</math> - segundo critério de qualidade do estimador, diz respeito à variância do erro, <math>\varepsilon(x_0)</math>.</p> <p>Estes critérios, [12] e [13], são conseguidos através da imposição de condições aos ponderadores [14]:</p> <p>[14] <math>\sum_{\alpha} \lambda_{\alpha} = 1</math>, que a soma dos ponderadores seja unitária;</p> <p>[15]- A minimização da variância de estimação é assegurada pelo procedimento clássico, que se resume a igualar as <math>N</math> derivadas parciais em ordem a <math>\lambda_{\alpha}</math>, <math>\alpha = 1, \dots, N</math>, e, resolver por método conhecido o sistema de <math>N</math> equações a <math>N</math> incógnitas. No cumprimento da condição [13], a minimização da variância de estimação, pode ser resolvida por intermédio do formalismo de Lagrange. Este formalismo implica adicionar mais uma equação [16] e, consequentemente mais uma incógnita – o parâmetro de Lagrange <math>\mu</math> - à equação de minimização da variância de estimação.</p> <p>[16] <math>2\mu \sum_{\alpha} \lambda_{\alpha} - 1 = 0</math>, sendo que o termo adicional é nulo.</p> <p>Esta minimização consiste em calcular as <math>N+1</math> derivadas parciais em ordem a <math>\lambda_{\alpha}</math> e <math>\mu</math>, e igualando-as a zero, obtém-se um sistema de <math>N+1</math> equações, a <math>N+1</math> incógnitas, cuja solução nos fornece os <math>N</math> ponderadores <math>\lambda_{\alpha}</math>, que cumprem a condição de não-enviesamento [14] e ao mesmo tempo, minimizam a variância de estimação.</p> <p>Por sua vez, na resolução de um sistema de equações de <i>Krigagem</i>, o sistema <math>N+1</math> equações pode ser descrito em notação matricial. Designando por <math>[K]</math> a matriz de covariâncias entre amostras [17]; <math>[M]</math> a matriz do 2º membro [18]; e, <math>[\lambda]</math> a matriz dos ponderadores [19]:</p> <p>[17] <math>[K] = \begin{bmatrix} C(x_1, x_1) &amp; C(x_1, x_2) &amp; \dots &amp; C(x_1, x_n) \\ C(x_2, x_1) &amp; C(x_2, x_2) &amp; \dots &amp; C(x_2, x_n) \\ \dots &amp; \dots &amp; \dots &amp; \dots \\ C(x_n, x_1) &amp; C(x_n, x_2) &amp; \dots &amp; C(x_n, x_n) \end{bmatrix}</math></p> <p>[18] <math>[M] = \begin{bmatrix} C(x_1, x_0) \\ C(x_2, x_0) \\ \dots \\ C(x_n, x_0) \\ 1 \end{bmatrix}</math></p> <p>[19] <math>[\lambda] = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \\ \mu \end{bmatrix}</math></p>

Interpoladores	Descrição							
	<p>O sistema de Krigagem fica igual a [20]:  [20] <math>[K] * [\lambda] = [M]</math>;</p> <p>cuja solução resulta, após a inversão de <math>K</math>, em [21]:  [21] <math>[\lambda] = [K]^{-1} * [M]</math>; e <math>\sigma_E^2(x_0) = C(0) - [\lambda]^T * [M]</math>.</p> <p>Definindo <math>[Z]</math> como o vector dos valores <math>Z(x_\alpha)</math>, [22]:  [22] <math>[Z] = [Z(x_1), \dots, Z(x_n)]</math>;</p> <p>ficando o estimador <math>[Z(x_0)]^*</math> igual a [23]:  [23] <math>[Z(x_0)]^* = [\lambda]^T * [Z] = [M]^T * [K]^{-1} * [Z]</math></p> <p>Existem diversos métodos de <i>kriging</i>, disponibilizados na aplicação Spatial Analyst, ArcGIS-ESRI, dividido em dois tipos:</p> <p><b>- Kriging Normal (ordinary)</b>  Este método é o mais generalizado e o mais divulgado. Este método assume que a média constante é desconhecida.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="512 987 927 1272" style="width: 45%;"> </div> <div data-bbox="954 925 1366 1323" style="width: 45%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;"><i>Kriging Normal</i></p> <p><math>Z(s) = \mu + \epsilon(s)</math></p> <p><math>\mu</math> – constante desconhecida (média)  <math>\epsilon(s)</math> - erro</p> <p style="text-align: center;">Método</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Esférico</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Circular</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Exponencial</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Gaussiano</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Linear</td></tr> </table> </div> </div> <p><b>- kriging Universal</b>  Este método assume que existe uma tendência nos dados. Este método só deve ser usado quando se sabe à partida que existe uma tendência nos dados e se pretende dar uma justificação científica sobre isso.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div data-bbox="512 1503 927 1794" style="width: 45%;"> </div> <div data-bbox="975 1485 1366 1827" style="width: 45%; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;"><i>Kriging Universal</i></p> <p><math>Z(s) = \mu(s) + \epsilon(s)</math></p> <p><math>\mu(s)</math> – é uma função determinística  <math>\epsilon(s)</math> - erro</p> <p style="text-align: center;">Método</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">Linear com tendência linear</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">Linear com tendência quadrática</td></tr> </table> </div> </div>	Esférico	Circular	Exponencial	Gaussiano	Linear	Linear com tendência linear	Linear com tendência quadrática
Esférico								
Circular								
Exponencial								
Gaussiano								
Linear								
Linear com tendência linear								
Linear com tendência quadrática								

Os métodos determinísticos: a) – média; b) – vizinho mais próximo; c) – polígonos de influência; d) – triângulos; e) – inverso da potência das distâncias; e, f) - *spline*; podem dar resultados satisfatórios em algumas aplicações, no entanto, convém ter sempre presente as suas limitações para se poder decidir sobre a sua aplicabilidade a um caso concreto (SOARES, 2000). Trata-se de métodos que têm por base critérios estritamente geométricos, alguns deles definidos de uma forma arbitrária, que podem ser contraditórios com a estrutura espacial da grandeza a estimar. São métodos determinísticos e, por isso, não fornecem medidas de incerteza ligada à caracterização do fenómeno espacial e, não tomam em linha de conta medidas de continuidade estrutural (como os variogramas ou covariâncias) do fenómeno natural em estudo (SOARES, 2000).

### **3.4 MODELAÇÃO - MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DRAGAGEM**

Para a construção de um modelo que defina as áreas de dragagem, é necessário considerar factores que permitam a avaliação dos materiais dragados, com base nas especificações técnicas do projecto de dragagem, sendo obtidos dados relativos ao volume a dragar, qualidade ambiental dos sedimentos dragados e, selecção do local, adequado, à deposição dos materiais dragados.

A modelação da realidade inclui (KRISHNA, [2004]), a determinação de factores de variáveis que influenciam o comportamento de um fenómeno e, a capacidade de estimar/predizer o comportamento de um fenómeno.

A classificação das áreas de dragagem tem por base a legislação em vigor, DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho e, os parâmetros considerados, bem como a sua qualidade ambiental, apresentam-se nas Tabela 5 e Tabela 6 (ver ponto 3.2), onde as características dos materiais dragados são avaliadas em 5 classes de qualidade ambiental, com restrições ambientais específicas para cada uma das classes definidas.

Dada a natureza geográfica dos dados em estudo, recorreu-se à implementação de um sistema de informação geográfica - SIG e utilização de software específico de análise espacial, para a classificação de unidades de terreno, neste caso áreas de dragagem, que apresentam características específicas e variadas. Com base nas superfícies de interpolação é possível classificar áreas de terreno com base nas suas características.

PEUQUET em 1988 (*in* WRIGHT and BARTLETT, 1999), define modelo de dados como uma descrição geral de conjuntos específicos de entidades (os fenómenos de interesse da realidade), objectos (os fenómenos de interesse representados digitalmente e inseridos numa base de dados) e relações existentes entre esses conjuntos. Mais tarde,

GOODCHILD em 1992 (*in* WRIGHT and BARTLETT, 1999), define modelo de dados geográficos como o conjunto de entidades e de relações entre as entidades que são usadas para representar a variação geográfica no mundo discreto digital, numa base de dados computacional. O modelo de dados geográfico determina a construção para armazenamento, as operações de processamento e os constrangimentos de integração dos dados, de forma a garantir a sua validade para serem usados num SIG.

Ligar modelos de dados aos dados em estudo (terrestres ou marítimos) depende da natureza de arquitectura do SIG. Segundo WRIGHT and BARTLETT (1999) os conjuntos de dados geológicos e geofísicos marinhos, obtêm-se de uma grande variedade de fontes, Figura 18, incluindo uma grande diversidade de instrumentos, todos eles com diferentes características, dificultando, significativamente, a definição de uma estrutura uniforme de dados, aplicável a todas as situações.

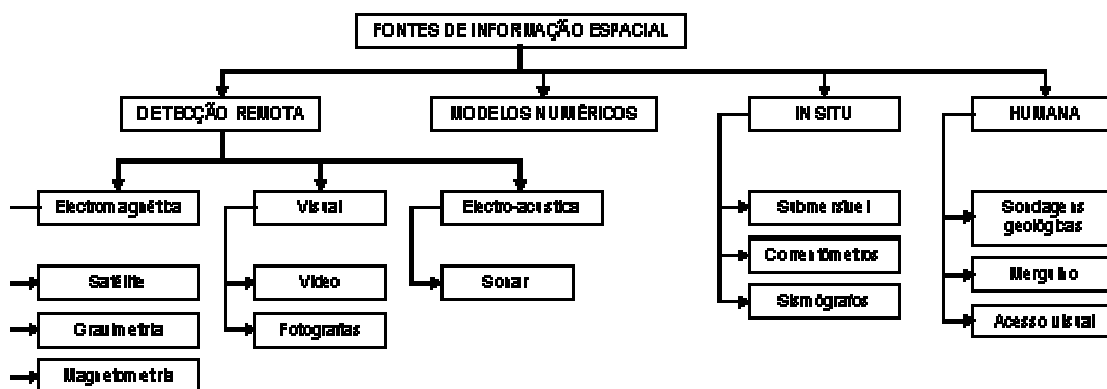


Figura 18. Hierarquia possível das de informação geológica e geofísica marinha, adaptado de WRIGHT and BARTLETT (1999).

A elaboração de um modelo começa, geralmente, com a construção de um diagrama (também conhecido por modelo gráfico, conceptual ou temático). Os modelos simulados num ambiente SIG permitem prever os prováveis resultados à medida que se modificam os parâmetros. Desta forma, uma formulação matemática muitas vezes pode ser regulada por operações de álgebra de mapas, para melhorar a sua adaptação ao fenómeno real. Quando um problema tiver sido devidamente definido e delimitado, desenvolve-se uma hipótese ou série de hipóteses, que pode ser testada, rejeitada ou aceite através de experimentação (TORRES, 2000).

Um modelo é constituído de pelo menos três elementos: variáveis, relacionamentos e processos (CÂMARA, *et al.*, 2001). Ao construir-se um modelo, dependendo do objectivo, pode dar-se ênfase a um ou outro destes elementos. Nesta visão, os modelos podem ser classificados em empíricos e de sistemas (CÂMARA, *et al.*, 2001), em que os modelos

empíricos focalizam os relacionamentos entre as variáveis do modelo, a partir da suposição de que os relacionamentos observados no passado continuarão no futuro e, os modelos de sistemas são descrições matemáticas de processos complexos que interagem entre si, enfatizando as interações entre todos os componentes de um sistema

Existem dois modelos que são usados para representar superfícies (PRIYAKANT *et al.*, [2004]): *GRIDs* e *TINs*, disponibilizados nas aplicações de SIG. Na Figura 19 apresenta-se um fluxograma representativo das operações a realizar para a representação de superfícies num ambiente SIG.

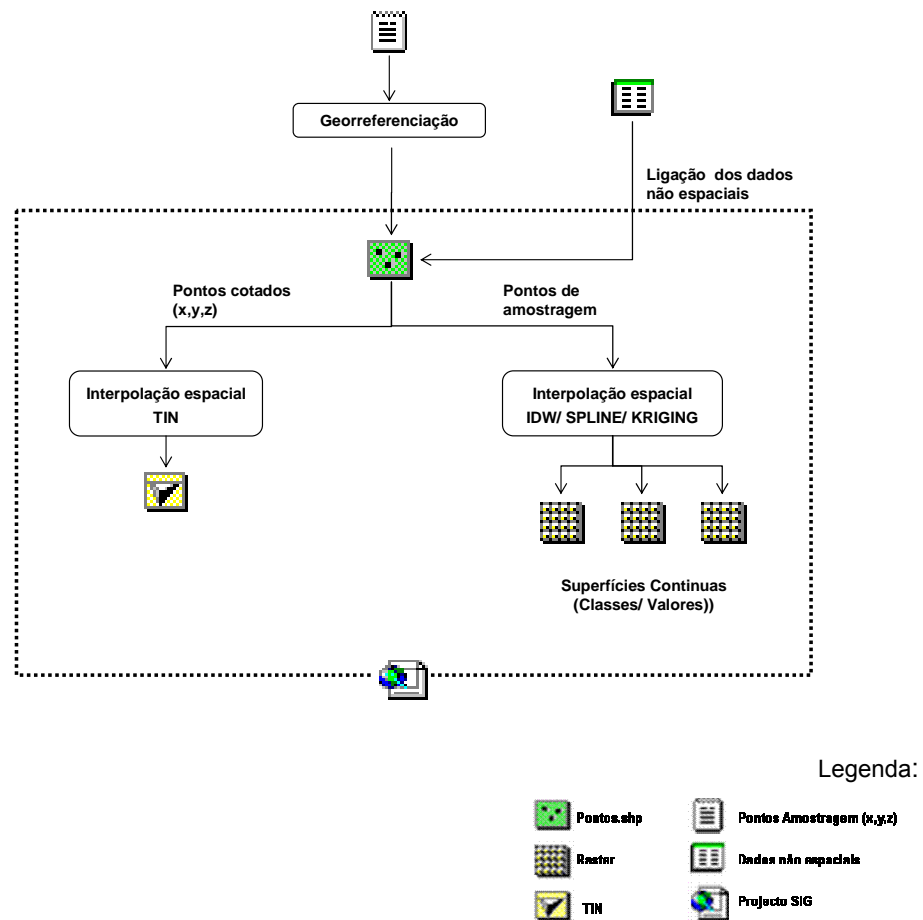


Figura 19. Fluxograma das operações realizadas em SIG para representar superfícies através dos modelos TIN e GRID, adaptado de PRIYAKANT, N. *et Al.*

O presente trabalho é exposto sob uma forma preliminar, portanto, optou-se por elaborar apenas o modelo temático, apresentando-se algumas simulações do que ocorre no ambiente, remetendo o modelo matemático e computacional mais aprofundado para trabalhos futuros, que darão prosseguimento a esta análise.

Assim, em primeiro lugar, apresenta-se um modelo mais simplificado, Simulação 1A, que começou por ser implementado em papel e, só posteriormente foi transferido para uma forma digital, nomeadamente para a folha de cálculo da aplicação *Microsoft Excel*, onde se procedeu ao processamento dos dados e aos cálculos necessários, com vista a classificar cada um dos valores de concentração de cada substância analisada nos sedimentos. Posteriormente, esses dados são inseridos em ambiente SIG, de forma a realizar as operações de análise espacial necessárias para a caracterização de áreas de dragagem, recorrendo aos métodos de interpolação disponíveis na aplicação de SIG utilizada. São interpolados os valores das classes de contaminação (dados classificados) dos sedimentos dragados, Figura 20.

Em segundo lugar, apresenta-se um modelo mais complexo, Simulação 2A, todo desenvolvido em ambiente SIG, de forma a realizar as operações de análise espacial necessárias para a caracterização de áreas de dragagem. Assim, procede-se à interpolação dos valores dos parâmetros analisados nas amostras sedimentares (dragados), 0, procedendo-se em seguida à classificação das superfícies geradas pela interpolação daqueles parâmetros, Figura 20.

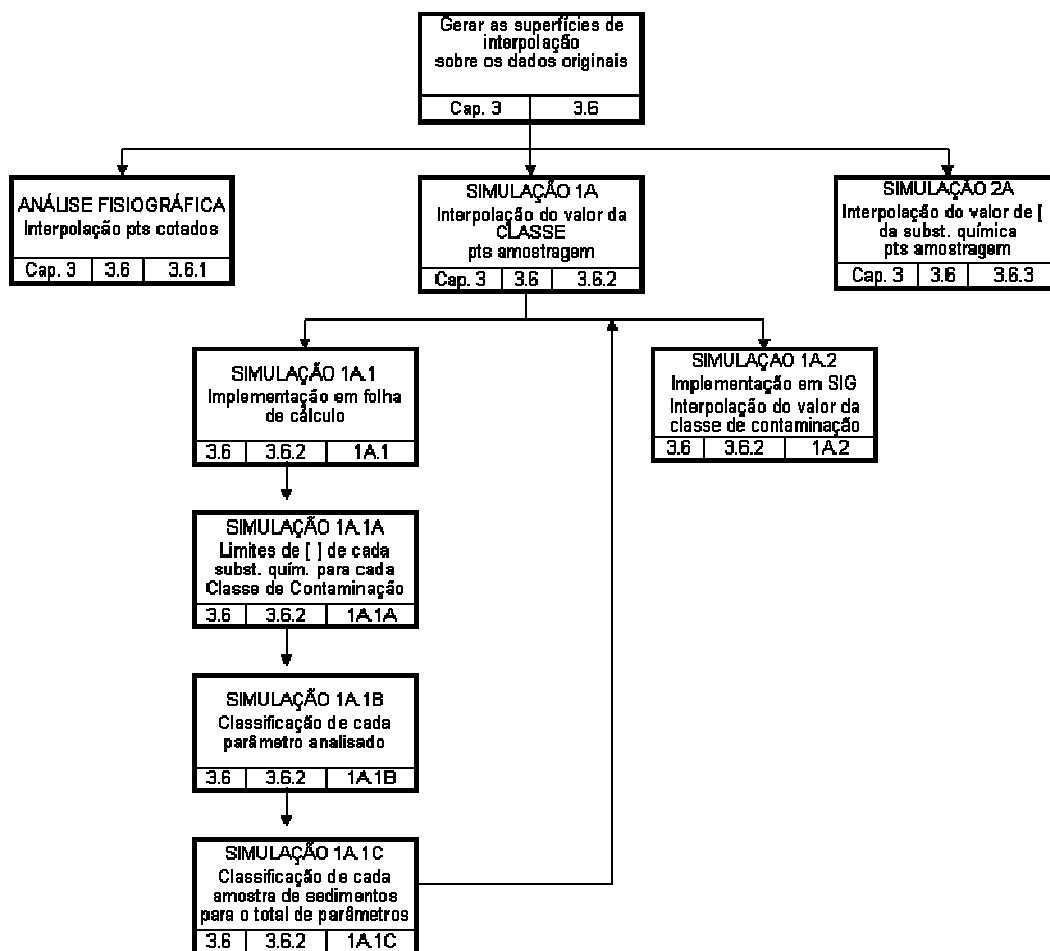


Figura 20. Fluxograma representativo das simulações de interpolação dos valores de: classe de contaminação dos sedimentos dragados, Simulação 1A e, concentração da substância química, Simulação 2A.



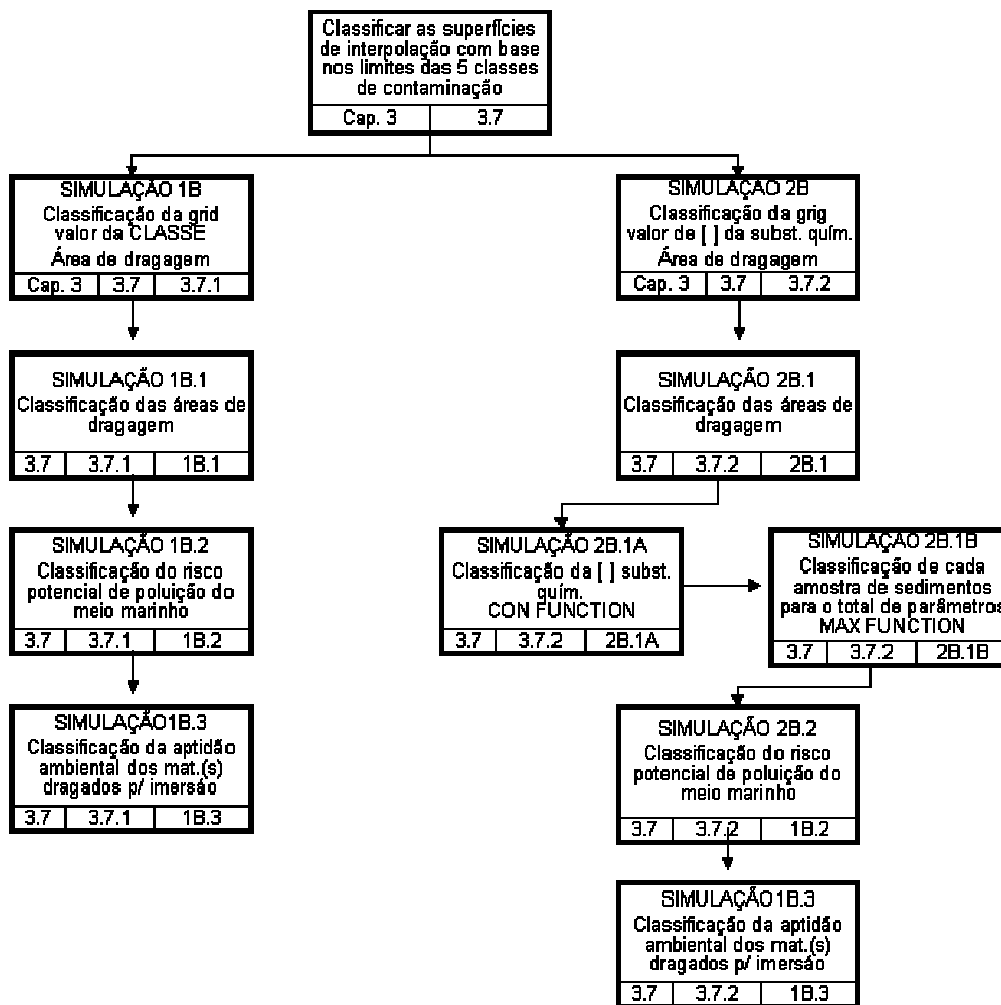


Figura 21. Fluxograma representativo das simulações de classificação dos valores estimados de: classe de contaminação dos sedimentos dragados, Simulação 1B e, concentração da substância química, Simulação 2B.

É ainda analisada a fisiografia local, representada pela superfície TIN, que modela a hidrografia local e que permite o cálculo da área de dragagem e do volume de materiais dragados (ver ponto 3.6.1).

### 3.5 TRATAMENTO DOS DADOS E NÍVEIS DE INFORMAÇÃO

Para o tratamento dos dados geográficos de áreas portuárias, foi seguida a metodologia baseada em SIG apresentada por PAINHO, M. *et al.* (1999) para a delimitação de áreas e, adaptada para os dados específicos das áreas portuárias. Assim,

a)- As áreas de dragagem das zonas portuárias em estudo, foram delimitadas com base nos dados constantes no projecto de dragagem. É produzida uma entidade vectorial de polígono que, corresponde à área de dragagem que, posteriormente é convertida para o formato

*raster* e que será usada como máscara em todas as operações de análise espacial. Na definição de áreas de dragagem são ainda necessários os dados de topo-hidrografia e da caracterização dos materiais dragados. Assim, são produzidas duas entidades vectoriais de pontos, uma com os pontos cotados (x,y,z) e outro com os pontos de amostragem, a partir dos quais são construídas as superfícies de interpolação, geradas através dos métodos disponibilizados nas aplicações SIG. Variáveis contínuas como a elevação do terreno e a concentração (valores) de uma substância química em sedimentos, são aproximadamente modelados por TINs ou *GRIDs* num SIG, ver Figura 19.

b)- O limite terrestre da área portuária é produzido com base nos dados dos levantamentos topo-hidrográficos realizados no âmbito do projecto de dragagem, e, é produzida uma entidade vectorial de polígono, correspondente à área terrestre de jurisdição portuária.

c)- Na construção da superfície relativa à topo-hidrografia, foi necessário interpolar os valores a partir dos pontos cotados (x,y,z), aplicando a construção *TIN*. Esta superfície, permite o cálculo da área de dragagem e cálculo do volume de materiais dragar, bem como a representação de perfis topo-hidrográficos. Posteriormente, esta superfície (*TIN*) é convertida para *raster*, de forma a ser utilizada em álgebra de mapas, para permitir o cálculo dos volumes de materiais dragados com e sem aptidão ambiental e, respectivas áreas de dragagem. Esta superfície *raster* (originalmente uma *TIN*) será usada em álgebra de mapas, conjugada com as superfícies de aptidão ambiental, geradas em g).

d)- Na construção das superfícies relativas ao valor da classe de contaminação dos sedimentos a dragar ou, aos valores de concentração das substâncias químicas presentes nos sedimentos a dragar, foi necessário interpolar valores a partir dos pontos de amostragem. São geradas superfícies de interpolação (*grid*) com os valores da classe de contaminação dos materiais dragados ou, com os valores de concentração das substâncias químicas analisadas nos sedimentos.

e) Na construção da superfície relativa à classificação da área de dragagem pela classe de contaminação dos materiais dragados, foram consideradas todas as superfícies geradas em d), pelos métodos de interpolação utilizados, classificaram-se os seus valores em cinco classes de contaminação, definidas na Tabela 5, de acordo com o DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho e foram conjugadas essas superfícies, de forma a classificar a área de dragagem para a totalidade dos parâmetros analisados.

f)- Na construção das superfícies que definem as áreas de dragagem quanto ao risco potencial de contaminação do meio marinho, foram consideradas todas as superfícies

geradas pelos métodos de interpolação e, foram definidas cinco classes de contaminação que correspondem a cinco níveis de risco ambiental, como se apresenta na Tabela 9.

Tabela 9- Classes de riscos ambientais.

CLASSES DE CONTAMINAÇÃO	CLASSES DE RISCO	DEFINIÇÃO
<b>CLASSE 1</b>	<b>RISCO 1</b>	<b>Sem riscos ambientais</b>
<b>CLASSE 2</b>	<b>RISCO 2</b>	<b>Com riscos ambientais ligeiros</b>
<b>CLASSE 3</b>	<b>RISCO 3</b>	<b>Com riscos ambientais moderados</b>
<b>CLASSE 4</b>	<b>RISCO 4</b>	<b>Com riscos ambientais elevados</b>
<b>CLASSE 5</b>	<b>RISCO 5</b>	<b>Com riscos ambientais muito elevados</b>

g)- Na construção da superfície que define a aptidão ambiental dos materiais dragados das áreas de dragagem serem imersos no mar, foi considerada a superfície gerada em f) e, foram definidas duas classes de aptidão ambiental que, correspondem à autorização ou proibição de imersão no mar de materiais dragados, como se apresenta na Tabela 10.

Tabela 10 - Classes de aptidão ambiental.

CLASSES DE CONTAMINAÇÃO	CLASSES DE RISCO	APTIDÃO AMBIENTAL P/ IMERSÃO	IMERSÃO NO MAR
<b>CLASSE 1</b>	<b>RISCO 1</b>	<b>COM</b>	<b>AUTORIZAÇÃO</b>
<b>CLASSE 2</b>	<b>RISCO 2</b>	<b>COM</b>	<b>AUTORIZAÇÃO</b>
<b>CLASSE 3</b>	<b>RISCO 3</b>	<b>COM</b>	<b>AUTORIZAÇÃO</b>
<b>CLASSE 4</b>	<b>RISCO 4</b>	<b>SEM</b>	<b>PROIBIÇÃO</b>
<b>CLASSE 5</b>	<b>RISCO 5</b>	<b>SEM</b>	<b>PROIBIÇÃO</b>

h)- Na determinação dos volumes de materiais dragados com e sem aptidão ambiental para a imersão no mar e, respectivas áreas de dragagem, procede-se à sobreposição das superfícies produzidas em c) e g) e, realizando-se uma operação simples, de soma aritmética destas superfícies, obtêm-se os valores de batimetria para cada uma das áreas com e sem aptidão ambiental, de forma a serem calculados os respectivos volumes.

Na Figura 22 apresenta-se o fluxograma geral das operações a realizar para a integração da informação geográfica e, para a análise espacial a efectuar para a caracterização de áreas de dragagem e gestão de dragados.

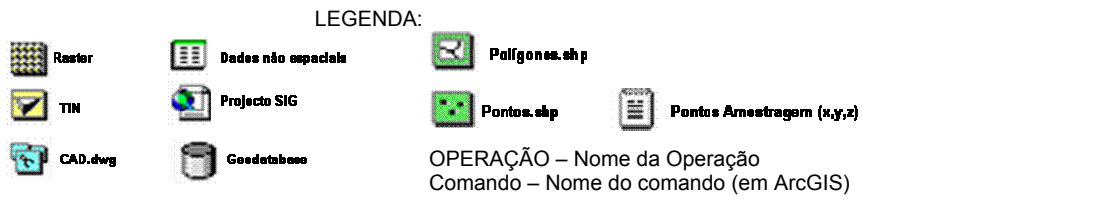
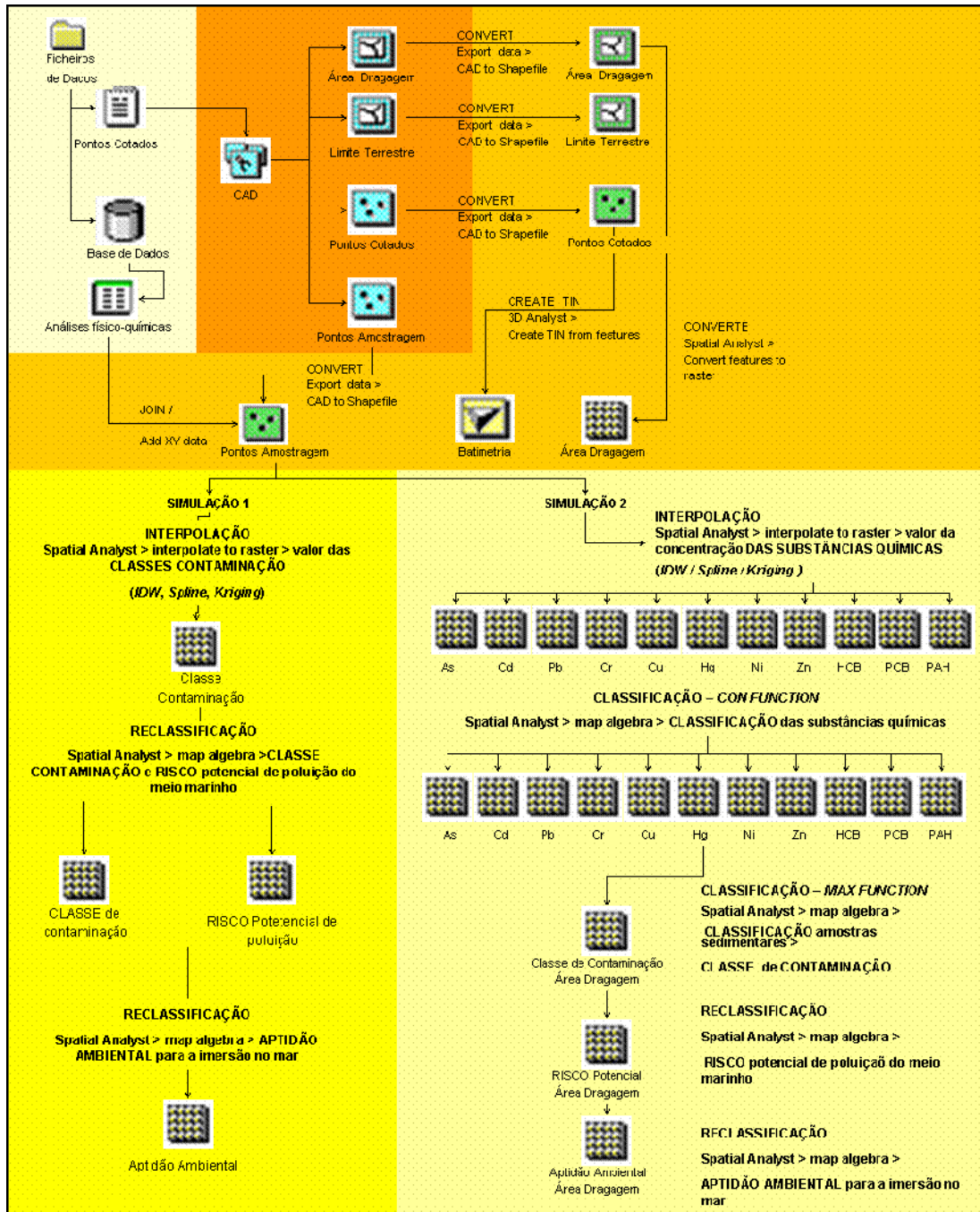


Figura 22. Fluxograma representativo da integração da informação num ambiente SIG e, das operações de análise espacial a realizar.

### 3.6 GERAR AS SUPERFÍCIES DE INTERPOLAÇÃO SOBRE OS DADOS ORIGINAIS

Uma superfície é uma classe abstracta usada para representar fenómenos espaciais contínuos, onde apenas um atributo ( $z$ ) é possível para cada localização planimétrica ( $x,y$ ) (PRYAKANT *et al.*, [2004]).

No caso da análise de áreas de dragagem, os dados são oriundos de levantamentos topohidrográficos e análises físico-químicas realizadas aos sedimentos portuários naquelas áreas. As áreas de dragagem são usualmente delimitadas por polígonos fechados, onde se supõe haver homogeneidade interna, ou seja, mudanças importantes, só ocorrem nos limites. Esta é uma premissa que nem sempre é verdadeira, dado que as áreas de levantamento dos dados, são definidas em função das condições locais e, por critérios operacionais (equipas hidrográficas, geológicas e mergulhadores) e económicos (IPTM), não sendo possível a distribuição homogénea dos locais de amostragem, dentro da área de dragagem.

O problema da estimação de valores locais que variam no espaço a partir de amostras de campo, é o âmbito da geoestatística. Recorre-se à utilização de métodos de interpolação, usados para estimar um valor desconhecido num ponto do espaço, a partir dos valores de amostras pontuais (interpolação e extrapolação), sendo muito relevante a densidade de amostragem na exactidão da interpolação e, quanto mais pontos mais exacta a interpolação da superfície gerada.

Uma superfície de modelação pode ser entendida em diversos contextos. Dana Tomlin em 1983, introduz o conceito de modelação cartográfica, num contexto da matemática espacial, a álgebra de mapas, tendo implementado este conceito em muitos dos pacotes SIG, incluindo ArcGRID, Idrisi, Mapll e ArcView *Spatial Analyst* (HAUSCHILD, [2004]).

A álgebra de mapas é uma linguagem computacional que pode ser usada para dirigir uma grande variedade de necessidades analíticas para a análise de mapas, de uma maneira clara e consistente (TOMLIN, 1990). Num mapa, cada célula da superfície é representada por um valor único:  $z = f(x,y)$  (PRYAKANT *et al.*, [2004]).

No contexto da estrutura de dados (PRYAKANT *et al.*, [2004]), uma superfície é uma estrutura que mantém as relações de vizinhança entre os objectos. Usando as relações de vizinhança, uma célula pode ser geoprocessada facilmente, simplificando vários cálculos, por exemplo: gradiente espacial, declives, direcção de declives, refletância solar, área, volume, isolinhas, fluxos, etc.

Diferentes interpoladores produzem boas estimativas. No entanto, a selecção do interpolador adequado, depende inteiramente da distribuição e fisiografia espacial dos pontos de amostragem na área de estudo (PRYAKANT *et al.*, [2004]). Qualquer superfície resultante de uma interpolação, define, contudo, uma área/ região bidimensional e constitui um dos importantes objectos de análise num SIG.

Uma alternativa simples para gerar uma superfície bidimensional a partir de amostras pontuais é a utilização de um método de interpolação por estimador local. Neste caso, ajusta-se uma função bidimensional sobre as amostras consideradas, compondo uma superfície cujo valor será proporcional à local intensidade de amostras.

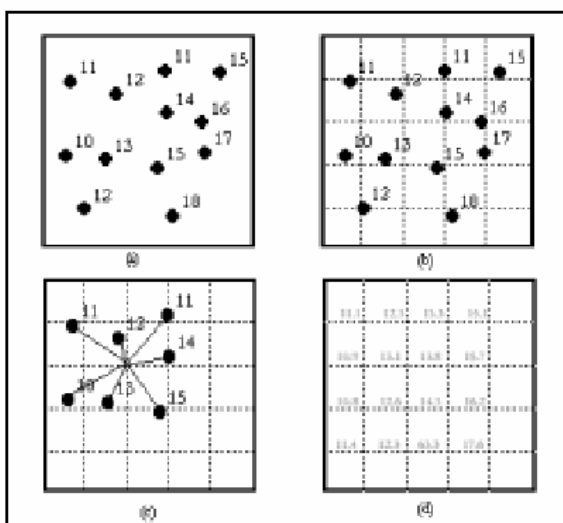


Figura 23. Ilustração do processo de interpolação por estimador local, adaptado de CÂMARA, G. *et Al.* (2001):

- (A)- configuração original de amostras;
- (B)- rede regular sobreposta às amostras;
- (C)- interpolação de um valor a partir dos vizinhos mais próximos;
- (D)- rede regular resultante.

Uma *grid* representa uma superfície que usa uma rede regular de pontos espaçados. Podem ser estimados valores em que qualquer ponto da rede, recorrendo aos vizinhos mais próximos da mesma rede, dando mais peso aos que estão mais próximos.

As superfícies de interpolação fazem certas suposições acerca de como vão estimar o melhor valor, o que depende da forma como os pontos de amostragem são distribuídos na área de estudo (CÂMARA, *et al.*, 2001).

Através dos métodos de interpolação disponíveis nas aplicações 3D *Analyst* (TIN) e *Spatial Analyst* (IDW, SPLINE e KRIGING) do ArcGIS 8.x-ESRI, (ver caso de estudo - ponto 6), são estimados, para a área de estudo, os valores dos pontos cotados (x,y,z) e os valores (absolutos ou de classes) dos parâmetros que caracterizam as áreas de dragagem.

Apresentam-se, em seguida, duas simulações de análise espacial, para a caracterização de áreas de dragagem, ponto 3.6.2 e 3.6.3, e a análise fisiográfica local, ponto 3.6.1, através da modelação TIN.

### 3.6.1 ANÁLISE FISIAGRÁFICA

Existe um ficheiro correspondente à altimetria, batimetria e localização dos pontos de amostragem, num formato *CAD (dwg)*, nos quais a informação se encontra subdividida por níveis gráficos (*layers*), Tabela 11, relativos ao projecto da operação de dragagem.

Tabela 11 - Níveis gráficos (*layers*) do ficheiro *CAD*.

<b>LAYERS</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
ALTIMETRIA	Pontos cotados da altimetria
BATIMETRIA	Pontos cotados da batimetria
LIMITE TERRESTRE	Polígono do limite terrestre
ÁREA DE DRAGAGEM	Polígono do limite da área de dragagem
PONTOS DE AMOSTRAGEM	Pontos cotados das estações de amostragem

A informação é convertida para formato de dados (*shapefile* ou *geodatabase*) do software no qual foram desenvolvidos os algoritmos (ArcGIS 8.x -ESRI), de forma a serem realizadas as operações de análise espacial necessárias à caracterização fisiográfica da área de estudo, como a modelação digital do terreno.

Na modelação digital do terreno, distinguem-se três componentes interdependentes (NERY, MATOS, 2004):

- 1- As características da amostra de pontos de altitude e de profundidade conhecida;
- 2- O algoritmo de interpolação utilizado;
- 3- O modelo de dados utilizado no armazenamento da superfície resultante.

A interpolação é utilizada para converter um modelo de dados produzido com fins essencialmente cartográficos, num modelo de dados que suporte operações de análise espacial (ZHU *et al.*; 2001 *in* NERY, MATOS, 2004).

Existe um elevado número de estudos relativos à utilização de métodos de interpolação e, a conclusão mais fiável a retirar parece ser dependente da distribuição dos pontos amostrais, da morfologia do terreno, etc. (NERY, MATOS, 2004). Além disso, a selecção de um método de interpolação prende-se muitas vezes com questões operacionais (NERY, MATOS, 2004).

De acordo com NERY, F. e MATOS, J. (2004), o método de interpolação da rede irregular triangulada (*TIN*), a interpolação depende de critérios puramente geométricos e é local.

Ainda que, um método pouco sofisticado, é um método exacto (no sentido que respeita as cotas amostrais).

No presente trabalho, recorre-se a uma amostra inicial de pontos cotados  $(x,y,z)$  e, foi então, adoptado o método de interpolação que consiste na triangulação irregular de pontos 3D, método *TIN*, disponibilizado na aplicação 3D *Analyst*. A superfície gerada, relativa aos valores das profundidades da área de dragagem, por sua vez, permite a realização de operações de análise espacial, como: o cálculo da extensão e área de dragagem e do volume de materiais a dragar. Esta superfície é armazenada sob a forma de uma rede irregular triangulada, transformável numa matriz de resolução fixa (NERY, MATOS, 2004). As redes irregulares trianguladas têm uma malha variável que permite preservar toda a informação topo-hidrográfica original, FIGURA 24.

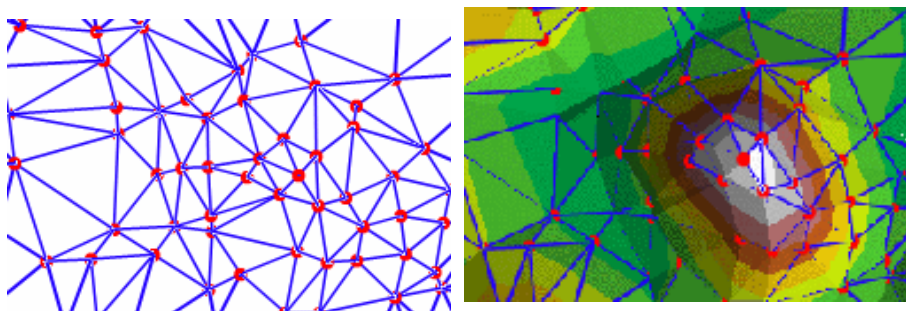


Figura 24. Rede irregular triangulada – *TIN* (adaptado de `arcgis\arcexe83\Help\3DAnal.chm::tin_skel_face.gif`)

A partir das superfícies *TIN* é possível calcular áreas e volumes de materiais.

### 3.6.2 SIMULAÇÃO 1A – INTERPOLAÇÃO DO VALOR DA CLASSE DE CONTAMINAÇÃO

Interpolação dos valores das classes de contaminação de cada amostra de sedimentos recolhida em cada ponto de amostragem. É gerada uma superfície de valores estimados da classe de contaminação.

São aplicados os métodos de interpolação disponíveis no *Spatial Analyst* (*IDW*, *Spline* e *Kriging*) do *ArcGIS 8.x-ESRI*.

### 3.6.3 SIMULAÇÃO 2A – INTERPOLAÇÃO DO VALOR DE CONCENTRAÇÃO DA SUBSTÂNCIA QUÍMICA

Interpolação dos valores das concentrações de cada substância química analisada nas amostras de sedimentos recolhida em cada ponto de amostragem. É gerada uma superfície de valores estimados para cada substância química analisada e, são assim geradas onze superfícies de interpolação.



Em ambas as simulações (3.6.2 e 3.6.3) e, para o caso da caracterização dos sedimentos dragados, são analisados quinze parâmetros, Tabela 5, dos quais, onze são substâncias químicas e, é sobre o valor de concentração dessas substâncias que são classificados os sedimentos a dragar e construídas as superfícies de interpolação.

São aplicados os métodos de interpolação disponíveis no *Spatial Analyst (IDW, Spline e Kriging)* do *ArcGIS 8.x-ESRI*.

Na eliminação de superfícies de interpolação geradas pelos três métodos de interpolação utilizados na estimação dos valores das substâncias químicas e, das classes de contaminação dos materiais dragados, foram utilizados os seguintes critérios:

- 1- A superfície de interpolação gerada não cobrir toda a área de estudo definida (máscara) e, apenas, a área de influência das estações de amostragem;
- 2- A superfície de interpolação gerada apresentar tendências que pela sua natureza especulativa podem resultar em estimações alarmistas;
- 3- No método de interpolação cujo erro assume valores significativos, relativamente ao valor estimado.

### **3.7 CLASSIFICAR AS SUPERFÍCIES DE INTERPOLAÇÃO COM BASE NOS LIMITES DAS 5 CLASSES DE CONTAMINAÇÃO**

Pretendem-se classificar as superfícies de interpolação em níveis de qualidade ambiental, de forma a caracterizar as áreas de dragagem.

Com base nas cinco classes de qualidade ambiental definidas na Tabela 5 e Tabela 6, conjugadas com as especificações da Tabela 9 e Tabela 14 (ver ponto 3.2 e 3.5), pretende-se:

- 1)** Classificar os valores estimados e, assim, classificar as áreas de dragagem em classes de contaminação (5 classes);
- 2)** Classificar as áreas de dragagem no seu risco potencial de poluição do meio marinho (5 níveis de risco);
- 3)** Classificar as áreas de dragagem quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar (2 níveis de aptidão).

São apresentadas duas simulações de classificação de superfícies:

- Simulação 1B – classificação dos valores interpolados de classes de contaminação, ver ponto 3.7.1;

- Simulação 2B - classificação dos valores interpolados de concentração das substâncias químicas analisadas, ver ponto 3.7.2.

### 3.7.1 SIMULAÇÃO 1B – CLASSIFICAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE INTERPOLAÇÃO DO VALOR DA CLASSE DE CONTAMINAÇÃO

Interpolação dos valores das classes de contaminação de cada amostra de sedimentos recolhida em cada ponto de amostragem. É gerada uma superfície de valores estimados das classes de contaminação da área de dragagem.

**1B.1)** No caso da classificação da superfície gerada pela interpolação dos valores das classes de sedimentos, obtida da simulação realizada em folha de cálculo, são definidas cinco classes de qualidade de sedimentos, com os seguintes intervalos de valores Tabela 12.

Tabela 12 - Classes de qualidade dos sedimentos a dragar e valores a assinar em cada classe de valores.

CLASSES	INTERVALO	VALOR ASSINAR
CLASSE 1	[0 – 1,5[	1
CLASSE 2	[1,5 – 2,5[	2
CLASSE 3	[2,5 – 3,5[	3
CLASSE 4	[3,5 – 4,5[	4
CLASSE 5	>= 4,5	5

É realizada uma operação de RECLASSIFICAÇÃO, onde os valores da superfície de interpolação são classificados em cinco classes de contaminação, sendo assinado o valor inteiro da classe de contaminação.

**1B.2)** Na classificação das áreas de dragagem quanto ao seu risco potencial de poluição do meio marinho, igualou-se o valor do Risco potencial ao valor da Classe de contaminação determinada em 1B.1), Tabela 13.

Tabela 13 - Risco potencial de poluição do meio marinho e, valor a assinar em cada classe de risco.

CLASSES	RISCO	VALOR ASSINAR
CLASSE 1	RISCO 1	1
CLASSE 2	RISCO 2	2
CLASSE 3	RISCO 3	3
CLASSE 4	RISCO 4	4
CLASSE 5	RISCO 5	5

É realizada uma operação de RECLASSIFICAÇÃO, onde os valores da *grid* são classificados em cinco níveis de risco potencial de poluição do meio marinho, sendo assinado o valor inteiro da classe de contaminação.

1B.3) Na classificação das áreas de dragagem quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, prédefinem-se quais as classes de contaminação com restrições ambientais, de acordo com a Tabela 14.

Tabela 14 - Aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.

CLASSES	APTIDÃO AMBIENTAL	VALOR ASSINAR
CLASSE 1	COM	1
CLASSE 2	COM	1
CLASSE 3	COM	1
CLASSE 4	SEM	0
CLASSE 5	SEM	0

É realizada uma operação de RECLASSIFICAÇÃO, onde os valores da *grid* são classificados em dois níveis de aptidão ambiental, sendo assinado o valor inteiro 1 caso exista aptidão ambiental e assinado o valor inteiro 0, caso não exista aptidão ambiental.

Na Figura 25 apresenta-se a ilustração do processo de interpolação e classificação de áreas de dragagem, pelo método definido na simulação 1 (A e B).

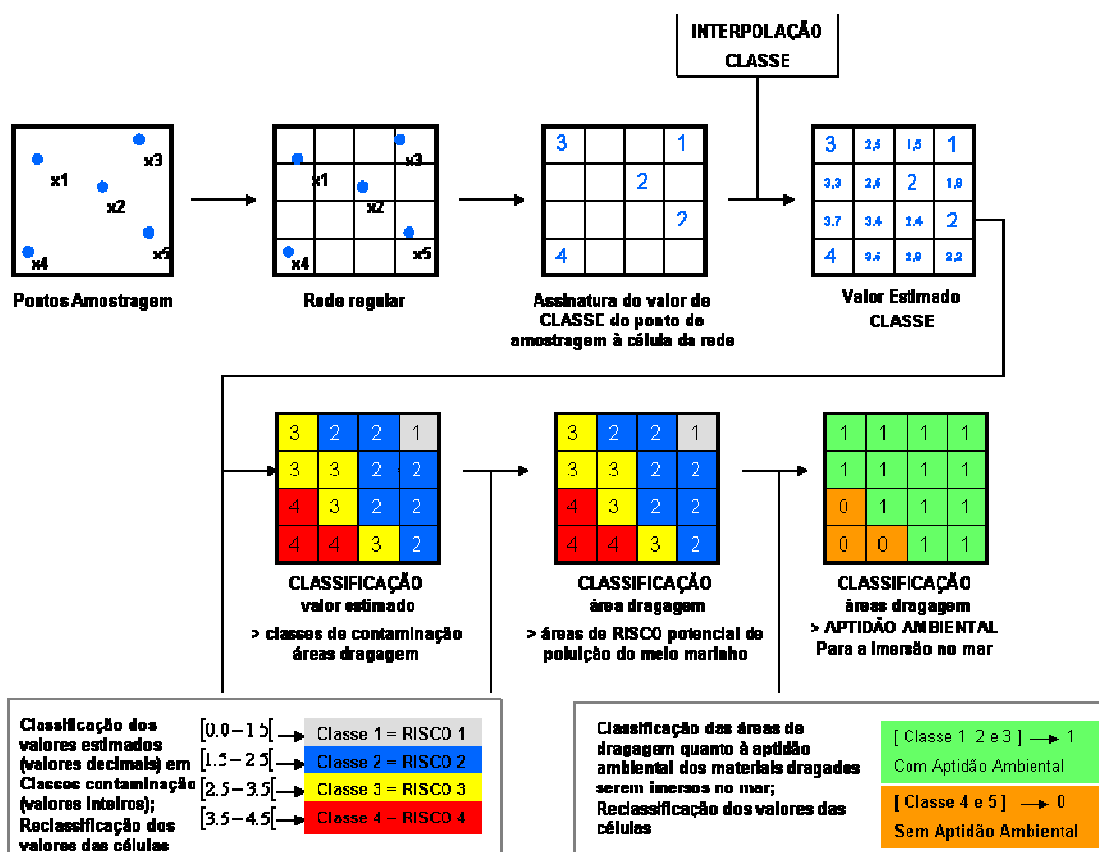


Figura 25. Infografia do processo de interpolação e, classificação das áreas de dragagem, pela simulação 1.

### 3.7.2 SIMULAÇÃO 2B – CLASSIFICAÇÃO DA SUPERFÍCIE DE INTERPOLAÇÃO DO VALOR DE CONCENTRAÇÃO DA SUBSTÂNCIA QUÍMICA

Interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas contidas em cada amostra de sedimentos recolhida em cada ponto de amostragem. São geradas onze superfícies, com a variação espacial dos de valores (estimados) de concentração das substâncias químicas na área de dragagem.

**2B.1)** Para classificar os valores estimados e, assim, classificar as áreas de dragagem em classes de contaminação, é necessário classificar cada uma das onze superfícies de interpolação relativas a cada substância química analisada (2B.1A) e, posteriormente, classificar as amostras sedimentares para a totalidade das substâncias químicas analisadas (2B.1B).

**2B.1A)** Na classificação da superfície gerada pela interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas, é utilizada a álgebra de mapas, que permite a classificação daquela superfície quanto à sua qualidade ambiental, recorrendo para o efeito, aos limites de classificação ambiental dos dragados, definidos na legislação em vigor. Com base nos intervalos definidos para cada classe de contaminação dos materiais dragados, Tabela 5, ver ponto 3.2.2, classificam-se os valores das concentrações de cada parâmetro interpolado, gerando superfícies de classificação da contaminação na área de estudo para cada parâmetro analisado. São geradas onze superfícies (parâmetros químicos) cujos valores variam entre 1 e 5 (valores de cada uma das cinco classes) para cada um dos parâmetros. É utilizada uma função algébrica, a função local *CON*, disponibilizada no *Raster Calculator do Spatial Analyst*, usada em álgebra de mapas, que avalia célula a célula, comparando-a com valores definidos e, devolvendo uma célula classificada. Neste caso, os valores definidos são os limites das classes de contaminação.

**CON(condição , expressão\_Verdadeira , expressão\_Falsa)**

Esta função pode ainda ser uma série de funções de comparação de valores.

**CON(condição , expressão\_Verdadeira ,  
CON(condição , expressão\_Verdadeira ,  
CON(condição , expressão\_Verdadeira , expressão\_Falsa)**

**2B.1B)** Na classificação das amostras sedimentares com base na totalidade das superfícies de interpolação classificadas em 2B.1.2), recorre-se à utilização da álgebra de mapas para essa classificação. No presente trabalho, define-se que uma amostra sedimentar é classificada pelo maior valor de classificação verificada nos onze parâmetros químicos

classificados. É gerada uma superfície cujos valores também variam entre 1 e 5 (valores de cada uma das cinco classes de contaminação de cada parâmetro analisado). Neste caso, a totalidade dos parâmetros conjugados, permite classificar a amostra. É utilizada uma função algébrica disponibilizada no *Raster Calculator* do *Spatial Analyst*, usada em álgebra de mapas, em que cada amostra de sedimentos é classificada em função da operação das várias grids, pela função (MAX), que determina o valor máximo de cada célula:

**MAX(<grid1> , <grid2> , ... , <grid >)**

**2B.2)** Na classificação das áreas de dragagem quanto ao seu risco potencial de poluição do meio marinho, igualou-se o Risco potencial à Classe de contaminação determinada em a). As áreas de risco potencial de contaminação do meio marinho são obtidas da classificação das áreas de dragagem nas diferentes classes de contaminação. Cada classe de contaminação, define um risco diferente do potencial de contaminação, assim, quanto maior a classe de contaminação, tanto maior o risco potencial de contaminação ambiental. É gerada uma superfície cujos valores também variam entre 1 e 5 (valores de cada uma das cinco áreas de risco), que correspondem aos diferentes níveis de risco de potencial contaminação, Tabela 9 (ver ponto 3.5).

**2B.3)** Na classificação das áreas de dragagem quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, recorre-se à utilização da álgebra de mapas para a classificação da aptidão ambiental da área de estudo mediante restrições ambientais definidas na legislação em vigor. Neste caso, a aptidão ambiental dos materiais dragados serem imersos no mar, traduz-se na autorização ou proibição da imersão no mar desses materiais. A proibição de imersão se verifica-se sempre que as classes de contaminação sejam iguais ou superiores à classe 4 e, a autorização de imersão no mar é emitida sempre que as classes de contaminação sejam inferiores à classe 4. É gerada uma superfície cujos valores variam entre 0 e 1 (0=proibição; 1=autorização), obtida da classificação da superfície gerada em 2B.3), resumida na Tabela 15.

Tabela 15 - Aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.

CLASSES	IMERSÃO NO MAR	VALOR ASSINAR
CLASSE 1	AUTORIZAÇÃO	1
CLASSE 2	AUTORIZAÇÃO	1
CLASSE 3	AUTORIZAÇÃO	1
CLASSE 4	PROIBIÇÃO	0
CLASSE 5	PROIBIÇÃO	0

Classifica-se a aptidão ambiental de uma área de dragagem, em função da sua classe de contaminação, com base nas restrições ambientais definidas na legislação em vigor, DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho. São, assim, definidas duas classes de aptidão, materiais dragados com ou sem restrição ambiental, isto é, com autorização ou proibição de imersão no mar.

Na Figura 26 apresenta-se a ilustração do processo de interpolação e classificação de áreas de dragagem, pelo método definido na simulação 2 (A e B).

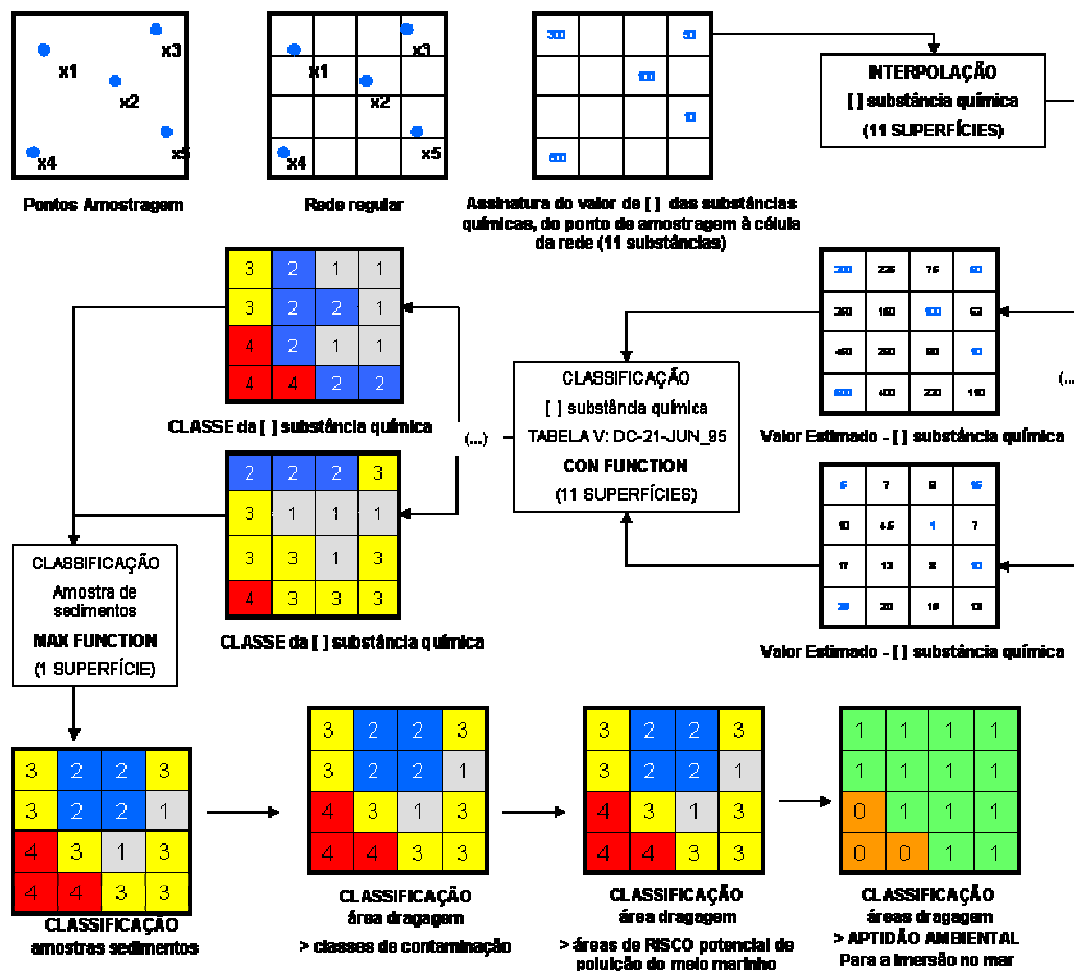


Figura 26. Infografia do processo de interpolação e, classificação das áreas de dragagem, pela simulação 2.

### 3.8 CÁLCULO DE ÁREAS E VOLUMES DE MATERIAIS DRAGADOS COM E SEM APTIDÃO AMBIENTAL PARA A IMERSÃO NO MAR

Nas figuras 27 e 28 são representados esquematicamente, dois modos distintos de se proceder ao cálculo de áreas e volumes. Em modelo de dados vectorial, Figura 27, e em modelo de dados raster, Figura 28. Neste trabalho optou-se pela utilização do modelo de

dados raster para a determinação dos volumes de materiais dragados com e sem aptidão ambiental e, respectivas áreas de dragagem.

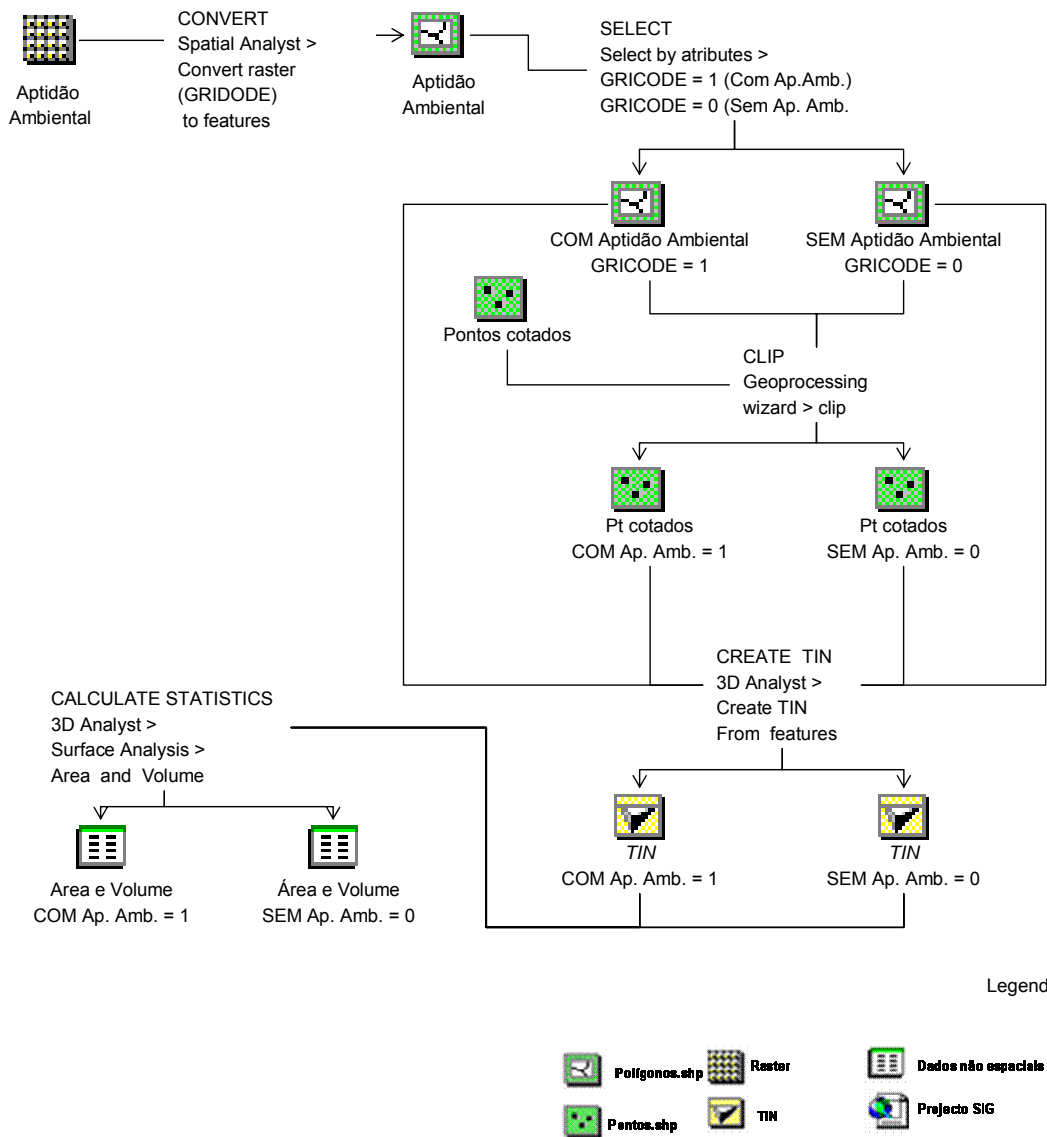


Figura 27. Fluxograma representativo das operações de análise espacial a realizar para a determinação de áreas e volumes em modelo de dados vectorial.

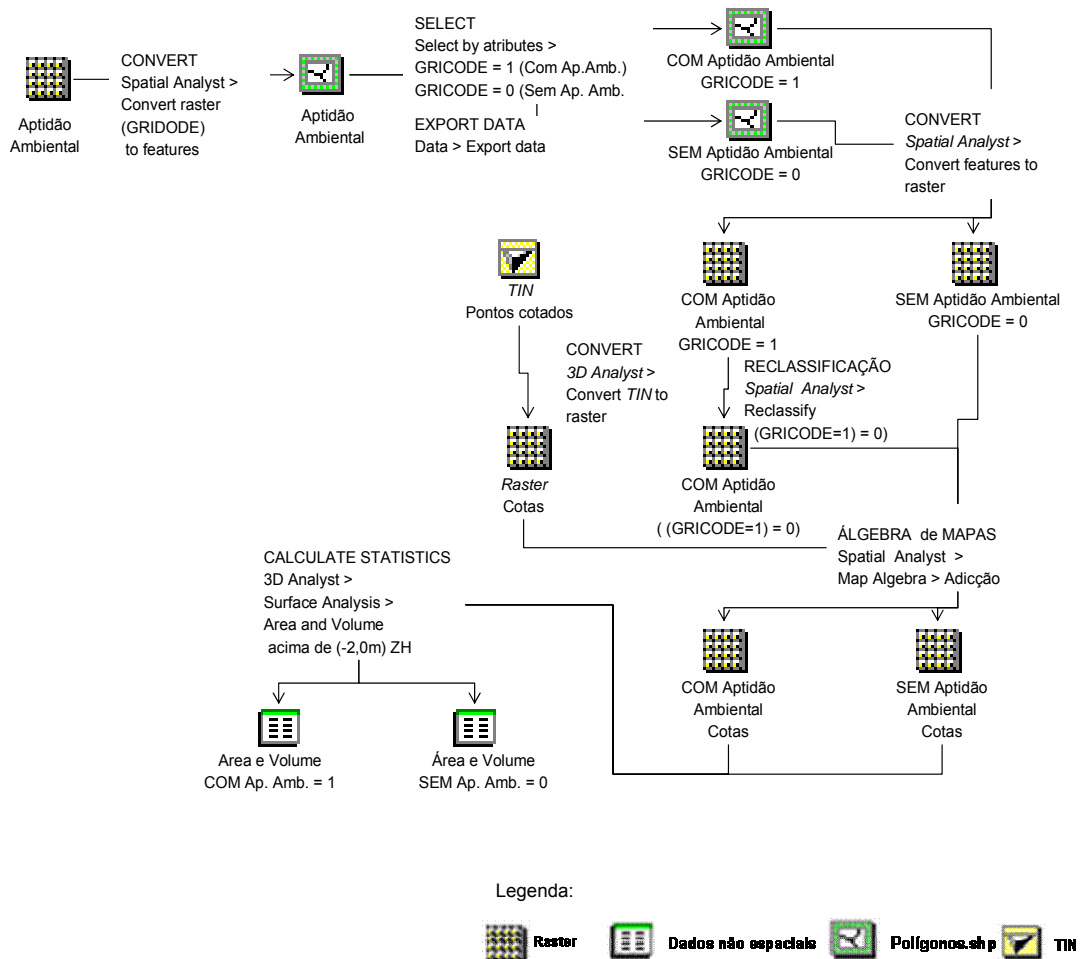


Figura 28. Fluxograma representativo das operações de análise espacial a realizar para a determinação de áreas e volumes em modelo de dados raster.



## **4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM SIG NO IPTM-SEDE**

Pretende-se analisar e caracterizar informação existente e a adquirir no Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM) com vista à implementação e utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Esta informação refere-se a um conjunto de dados geográficos e à produção de cartografia de base e temática relativa às áreas marítimo-portuárias de jurisdição do IPTM (DIAS *et al.*, 2003).

O documento utilizado como suporte para a definição das especificações técnicas para a implementação de um SIG no IPTM, baseou-se nas “Especificações Técnicas para a Informação Georreferenciada dos Planos de Bacia Hidrográfica”, e foi concebido pela Equipa de Projecto do Plano Nacional da Água (SNIRH, 1998).

### **4.1 DEFINIÇÃO DO MODELO DE DADOS PARA O IPTM**

O termo modelação de dados é entendido como o processo de abstracção onde somente os elementos essenciais da realidade observada são enfatizados, rejeitando-se os elementos supérfluos (PESTANA, 2001). O processo de modelação conceptual dos dados compreende a descrição dos conteúdos dos dados e a sua estruturação.

O modelo de dados determina o modo pelo qual as entidades e os fenómenos do mundo real são melhor representados na forma digital (PESTANA, 2001).

Os modelos podem basear-se em estruturas de dados raster ou vectorial. Os dados devem ser armazenados em tabelas de base de dados relacionais. Cada tabela de base de dados relacional está associada a um ficheiro que representa uma entidade.

#### **4.1.1 DADOS EM FORMATO VECTORIAL**

Os dados vectoriais são compostos por entidades gráficas (pontos, linhas e polígonos), que representam os elementos geográficos e a sua localização no terreno e, que podem ser descritos como (TOMLIN, 1990; HEYWOOD, CORNELIUS e CARVER, 2002).

- Pontos: representam localizações discretas de entidades (em função da escala de representação). São pares de coordenadas  $(x, y)$ .
- Linhas: representam entidades lineares (como rios, estradas, *pipelines* e cabos...). São séries de pares de coordenadas  $(x, y)$ .
- Polígonos: identificam entidades de áreas, representadas por linhas que delimitam essas áreas.

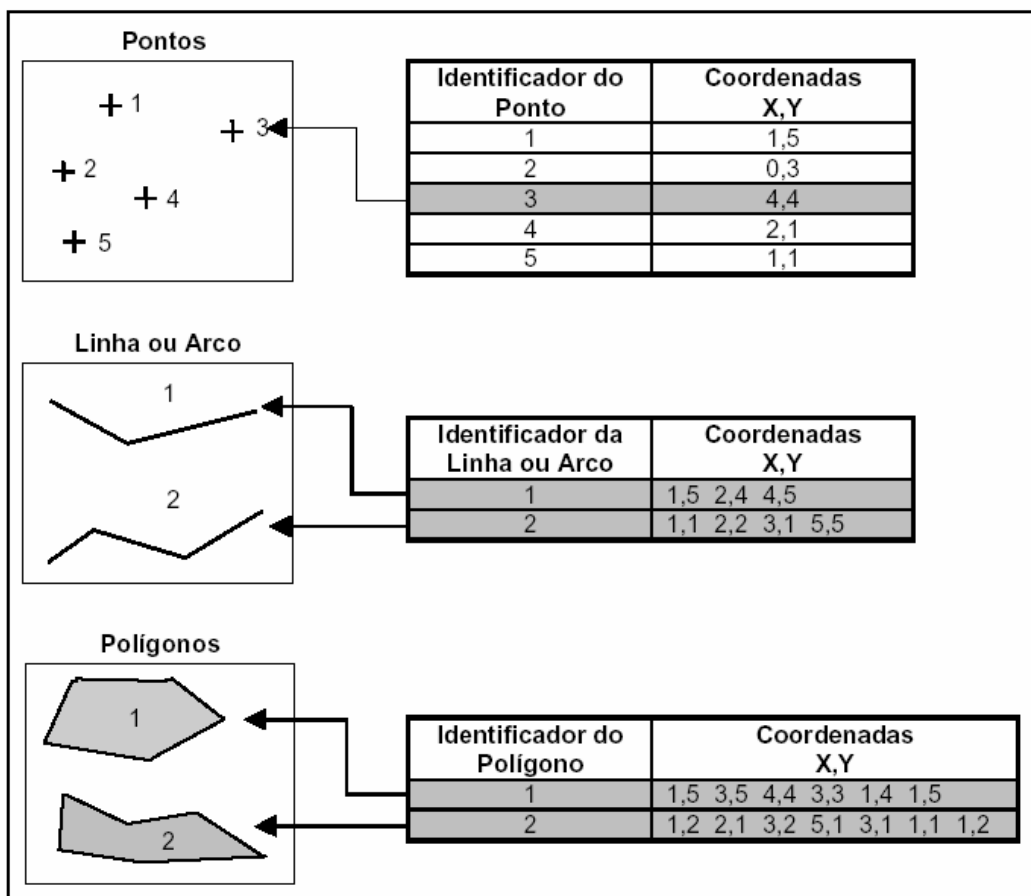


Figura 29. Ilustração da representação computacional de dados vectoriais no Arc/Info, adaptado de ESRI, 1994 in DAVIS, CÂMARA, (2001).

No modelo de dados considera-se sempre a escala de dependência dos dados espaciais em todos os conjuntos de dados (por exemplo, uma entidade como um porto pode ser representada por um ponto ou por um polígono) (CÂMARA *et al.*, 2001).

#### 4.1.2 DADOS EM FORMATO RASTER

O modelo de dados raster representa o espaço geográfico dividindo-o numa série de unidades com diferentes formas (unidades triangulares, hexagonais ou quadradas) designadas células ou *pixels*. No entanto, as unidades quadradas são a forma mais comum (TOMLIN, 1990, EASSON, 1999, HEYWOOD, CORNELIUS e CARVER, 2002). O modelo raster é mais uma fotografia do que um mapa, representando o mundo real como uma superfície contínua. Os dados representam a paisagem como uma grelha (matriz) regular de células quadradas – pixels (TOMLIN, 1990, HEYWOOD, CORNELIUS e CARVER, 2002). As estruturas de dados raster não fornecem a localização precisa da informação, pois o

espaço geográfico é dividido em células uniformes de *grids* discretas (TOMLIN, 1990, HEYWOOD, CORNELIUS e CARVER, 2002), FIGURA 30.

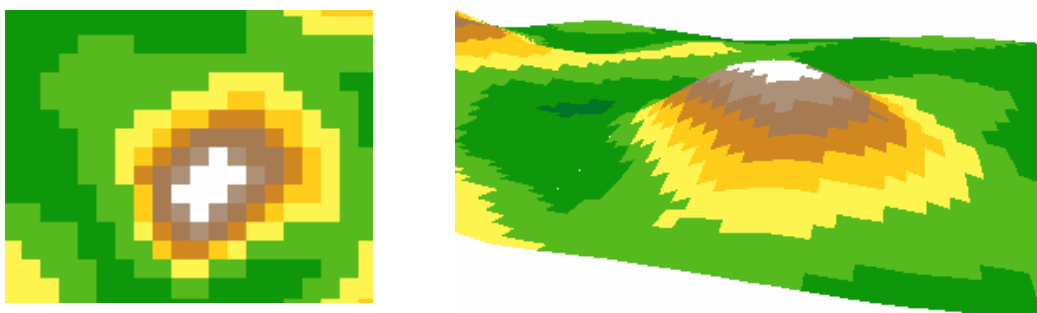


Figura 30. Modelo de dados *raster* (adaptado de [arcgis\arcexe83\Help\3DAnal.chm::/a\\_grid\\_close.gif](arcgis\arcexe83\Help\3DAnal.chm::/a_grid_close.gif)).

Existe uma relação geométrica entre a resolução raster e o tamanho do ficheiro. Quanto menor for a dimensão da célula, maior será a resolução da imagem e maior será o ficheiro. Um dos problemas do modelo raster é conseguir definir uma resolução adequada. Esta não pode ser tipificada, pois depende do objectivo do trabalho, do tipo de dados a introduzir no sistema, da escala dos dados originais, da sua exactidão e da sua precisão (EASSON, 1999).

Os principais tipos de análise que podem ser feitos sobre estruturas de dados raster são (TOMLIN, 1990, EASSON, 1999, HEYWOOD, CORNELIUS e CARVER, 2002):

- Análises de sobreposição e reclassificação: são as operações mais comuns em raster e estão sobretudo ligadas à organização da informação no sentido de facilitar a sua compreensão durante a visualização.
- Análises de vizinhança, distância e proximidade: são operações que nos permitem estruturar as relações de vizinhança que se estabelecem entre os diversos *pixels*. Existem aqui dois tipos fundamentais de análises: as que nos permitem identificar as estruturas tipo área, e as que permitem identificar distâncias entre os diversos *pixels*.

Tanto o modelo raster, como o vectorial, são aplicáveis ao sector marítimo-portuário, pois se, por um lado, existe muita informação geográfica no formato raster, existe também informação no formato vectorial, ainda que em menor quantidade. Julga-se que deverá ser possível promover a articulação e complementaridade dos modelos de dados na integração de informação geográfica diversa existente no IPTM.

## **4.2 ESPECIFICAÇÕES PARA A AQUISIÇÃO DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**

As seguintes directivas de procedimento para a elaboração e manipulação do conjunto de dados geográficos visam garantir a homogeneização da estrutura e do nível de qualidade da componente cartográfica da informação recolhida pelos diversos organismos.

O processo de aquisição e produção de informação deverá permitir a referenciação da área de jurisdição do IPTM (área portuária) numa base geográfica contínua e criada com base em critérios semelhantes. Desta forma garante-se a integração e compatibilidade de toda a informação. Para tal é necessário utilizar critérios uniformes e linhas orientadoras no que respeita aos sistemas de coordenadas, escalas, precisão, níveis de informação, formatos de dados admissíveis, informação alfanumérica associada, tratamento topológico dos dados, técnicas de recolhas e metadados.

### **4.2.1 SISTEMA DE COORDENADAS**

A cartografia usada pelo IPTM-Sede está referenciada ao sistema de coordenadas associado ao *Datum* Lisboa, ao Datum altimétrico do marégrafo de Cascais, elipsóide de Hayford (Internacional), sistema de projecção Gauss com origem no ponto central. Este sistema de coordenadas é utilizado na realização dos levantamentos topo-hidrográficos e em estudos, tal como no cadastro das infra-estruturas portuárias para produzir levantamentos, nomeadamente, às escalas 1:1.000, 1:2.000 e 1:5.000. Adicionalmente usa-se ainda informação digitalizada a partir de cartas hidrográficas adquiridas pelo IPTM ao Instituto Hidrográfico. Para que a informação proveniente de outras fontes possa ser compatibilizada, deverá recorrer-se à transformação de coordenadas, caso não estejam no mesmo sistema.

### **4.2.2 ESCALAS E PRECISÃO**

As escalas 1:1.000 e 1:2.000 são as habitualmente usadas na cartografia do IPTM. Excepcionalmente, usa-se ainda cartografia à escala 1:5.000. Tendo em conta que a maior dimensão de papel que o IPTM usa é o formato A0 (formato *standard* das *plotter* existentes no Instituto), a informação tem, por vezes, de ser dividida em vários *layouts*. As escalas 1:1000 e 1:2000 permitem um elevado grau de pormenor, o que é importante, pois o tipo de projecto que se realiza assim o exige.

Relativamente à precisão cartográfica, deve definir-se um valor máximo de erro admissível para o rigor necessário a projectos desta natureza. Entende-se por precisão cartográfica o desvio entre a posição de um ponto no terreno e a sua posição representada no mapa

(DIAS *et al.*, 2003). Assim, as escalas referidas são adequadas pois permitem atingir este objectivo.

#### 4.2.3 NÍVEIS DE INFORMAÇÃO

Os dados geográficos a utilizar pelo IPTM deverão assentar em cinco níveis diferenciados de informação (MATOS, 2001):

- a) Informação de contexto,
  - b) Informação estruturante;
  - c) Informação de inventário;
  - d) Informação de suporte;
  - e) Informação derivada.
- a) A informação de contexto é utilizada, no âmbito do sector portuário, somente com fim descritivo ou para análises descritivas, sem que o seu detalhe e exactidão afectem o trabalho de forma relevante. Os elementos espaciais da informação de contexto não se destinam à conjugação com a restante informação. Esta informação não se considera suficiente para permitir a sua utilização em operações de criação de nova informação geográfica ou de análise espacial.

Tabela 16 - Informação de contexto.

Informação de Contexto	
Localidades	Existente em formato digital (raster e vectorial) e papel
Rede Natura 2000	Adquirível em formato digital no ICN
Reserva Agrícola Nacional	Adquirível e digitalizáveis a partir dos PDM
Rede Viária	Obtida por generalização a partir da informação 1:25 000 do IGeoE
Domínio Público Marítimo	Existente em formato digital (raster e vectorial) e papel
Reserva Ecológica Nacional	Adquirível e digitalizáveis a partir dos PDM
Planos de Ordenamento da Orla Costeira – POOC	Existente em formato digital (raster e vectorial) e papel
Planos Directores Municipais –PDM	Adquirível nas Câmaras Municipais
Planos de Ordenamento e Expansão - POE	Existente em formato digital (raster e vectorial) e papel
Geologia	Carta Geológica (Escala 1:500 000) – IGM Carta Geológica (Escala 1:50 000) – IGM
Hidrogeologia	Principais Sistemas Aquíferos de Portugal Continental (Escala 1: 200 000) – INAG

- b) A informação estruturante é aquela que não é directamente objecto de cálculo ou análise espacial, mas que garante a coerência espacial de todos os outros temas. Funciona como suporte para agregação de informação alfanumérica e como referência para a delimitação de fronteiras de zonamento.

Tabela 17 - Informação Estruturante.

Informação Estruturante	
Áreas e limites de jurisdição portuária do IPTM	Existente em formato digital (raster e vectorial) e papel
Limites administrativos	Carta Administrativa (Escala 1:250 000) – Atlas do Ambiente Carta Militar M888 (Escala 1:25 000) – IGeoE
Localização de bóias, molhes, faróis, etc.	Cartas hidrográficas (várias escalas) - Instituto Hidrográfico

- c) A informação de inventário é a que corresponde a classes de informação geográfica cuja representação deverá ser exaustiva, não lhe sendo aplicáveis regras de generalização por omissão.

Tabela 18 - Informação de Inventário.

Informação de Inventário	
Cadastro de infra-estruturas	Informação existente no IPTM a ser complementada pelas equipas de trabalho
Batimetria dos canais de navegação e zonas portuárias e marítimas	Escalas de pormenor (> 1: 5000) Compilação de levantamentos existentes (em formato digital e em papel) e a efectuar
Perímetros de Rega	Levantamentos a efectuar pelo IPTM complementado com informação disponível nas Associações de Regantes e/ou Carta de Condicionantes de PDM
Rede Hidrográfica	Existente em formato digital, produzida pelo IGeoE
Lagos, Albufeiras, Estuários, Águas de Transição e Águas Costeiras	Construída com base na cartografia do IGeoE e informação do INAG
Utilização piscícola	Construída com base em informação do IPTM, do INAG e do IPIMAR
Utilização balnear	Construída com base em informação do INAG
Utilização para rega	Construída com base em informação do INAG e da Direcção Regional de Agricultura
Captações de água subterrânea	Informação existente no IPTM a ser complementada pelas equipas
Sondagens Geológicas	Efectuadas pelas equipas do IPTM
Amostras sedimentares	Colhidas em estações de amostragem pelas equipas do IPTM e equipas de mergulhadores profissionais e, analisadas (ao nível físico-químico) por consultores externos
Ensaio geomecânicos	Efectuados pelas equipas do IPTM

- d) A informação de suporte é aquela sobre a qual são feitos directamente cálculos e operações de análise espacial e cujo detalhe e exactidão devem ser ponderados em função do detalhe e exactidão pretendidos para os temas a partir deles gerados.

Tabela 19 - Informação de Suporte.

Informação de Suporte	
Levantamentos topo-hidrográficos (escalas 1:1.000, 1:2.000 e 1:5.000)	Realizados pelas equipas do IPTM
Batimetria	Cartas hidrográficas (várias escalas) - Instituto Hidrográfico
Solos	Carta de solos (Escala 1:1 000 000) – DGA Carta de solos (Escala 1: 50 000) – IHERA
Planimetria (escala de pormenor)	Escalas de pormenor (1:1 000, 1:2.000 ou 1:5000)
Características Hidrogeológicas	Efectuada pelo INAG
Verificação da linha de costa	Fotografia aérea, ortofotomapas e tabelas de marés

- e) A informação derivada é a que se obtém das operações de análise realizadas sobre a informação de suporte ou de inventário, condicionada pela informação estruturante.

Tabela 20 - Informação Derivada.

Informação Derivada – Interna e Externa	
Declives	Construídos pelas equipas em AutoCad e ArcView
Parâmetros meteorológicos	Elaborados pelo Instituto de Meteorologia
Sedimentação em canais de navegação e zonas portuárias	Produzida pelas Equipas com base nos levantamentos
Indicadores de poluição da água	Com base nos relatórios das análises físico-químicas realizadas por consultores externos
Isolinhas de indicadores de poluição	Formato raster (escala compatível com o detalhe da superfície de base) – Equipas
Zonas a sujeitar a ordenamento específico (zonas costeiras)	Produzida pelas Equipas
Meios Hídricos – Valor Ambiental	Produzida pelas Equipas
Síntese de usos	Produzida pelas Equipas

Na Figura 31 resume-se a classificação dos níveis de informação anteriormente definidos.

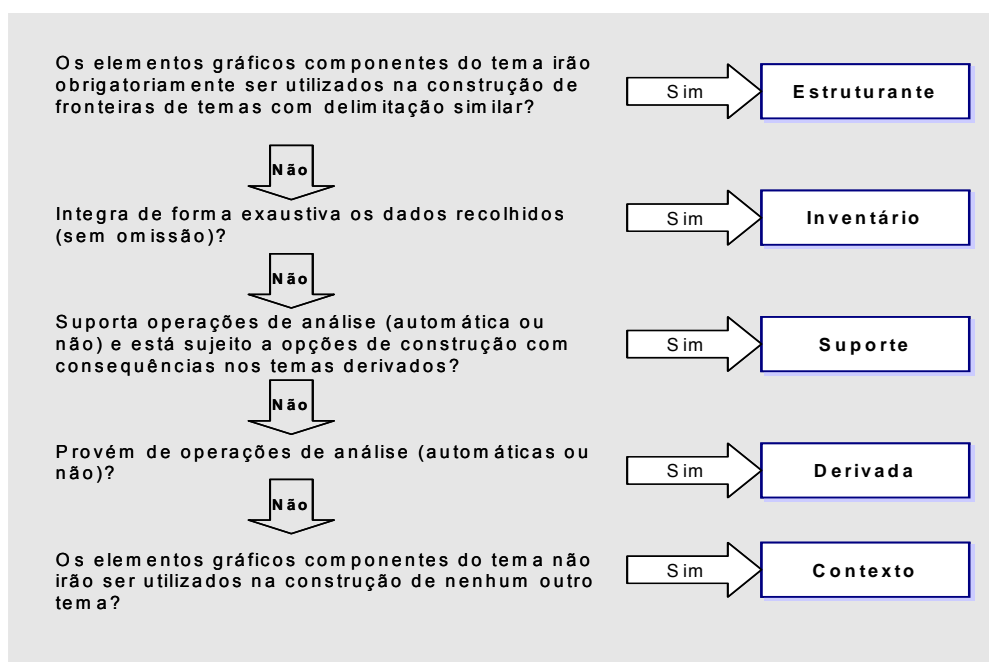


Figura 31. Árvore de decisão para integração dos temas em funções, adaptado de MATOS, J. (2001).

Com base nestes cinco níveis de informação: a)- Tabela 16, b)- Tabela 17, c)- Tabela 18, d)- Tabela 19, e)- Tabela 20, foi então concebida uma estrutura e organização da informação SIG, adaptada à tradicional estrutura e organização da informação no IPTM, definida na Tabela 21.

Tabela 21 - Classificação dos níveis de informação e sua organização – estrutura da informação SIG do IPTM.

	Níveis		Classificação geral		Classificação principal		Classificação secundária		Classificação local						
	Informação de Contexto		Informação Estruturante		Informação de Inventário		Informação de Suporte		Informação Derivada						
1	FACTORES ECONÓMICOS	1.1	Administra-tivos e jurisdição		1.1.1	Divisões administrativas	1.1.1.1	Concelhos	1.1.1.1.1	Concelho de local					
					1.1.1.2		Freguesias	1.1.1.2.1	Freguesia de locais						
					1.1.2	Jurisdição	1.1.2.1	Limites de jurisdição	1.1.2.1.1	Limite da área portuária local					
					1.1.3	Domínio Hídrico e Público Marítimo	1.1.3.1	DPM							
		1.2	Actividade portuária	1.2.1	Infraestruturas e equipamentos		1.2.1.1	Obras marítimas e portuárias		1.2.1.1.1	Porto de pesca local				
										1.2.1.1.2	Porto de recreio local				
							1.2.1.1.3			Porto comercial local					
							1.2.1.1.4			Porto Ro-Ro					
							1.2.1.2	Acessibilidade							
							1.2.1.3	Saneamento básico							
							1.2.1.4	Rede eléctrica							
							1.2.1.5	Concessionários							
							1.2.1.6	Outras infraestruturas e equipamento		1.2.1.6.1	Molhes do local				
										1.2.1.6.2	Muros cais do local				
										1.2.1.6.3	Rampa varadouro do local				
										1.2.1.6.4	Guincho do local				
										1.2.1.6.5	Bóias de sinalização do local				
							1.3	Segurança	1.3.1	Classificação de acesso		1.3.1.1	Zonas de acesso publico		
												1.3.1.2	Zonas de acesso privado		
1.3.1.3	Zonas de risco														
2	FACTORES FISIOGRAFICOS	2.1	Topografia e hidrografia		2.1.1	Planimetria	2.1.1.1	Levantamentos - Cartas	2.1.1.1.1	Planimetria local					
					2.1.2	Altimetria	2.1.2.1	Levantamentos - Cartas	2.1.2.1.1	Altimetria local					
					2.1.3	Batimetria	2.1.3.1	Levantamentos - Cartas	2.1.3.1.1	Batimetria local					
					2.1.4	Hidrografia	2.1.4.1	Rios e estuários	2.1.4.1.1	Hidrografia local					
3	FACTORES ECOLÓGICOS	3.1	Ambientais		3.1.1	Planos de ordenamento	3.1.1.1	POOCs							
					3.1.2	Campanhas de sondagens geológicas		3.1.2.1	Sondagens geológicas percussivas de furação	3.1.2.1.1	Sondagens geológicas do local				
								3.1.2.2	Estações de amostragem de sedimentos	3.1.2.2.1	Estações de amostragem de sedimentos do local				
								3.1.2.3	Análises Químicas de sedimentos	3.1.2.3.1	Análises Químicas de sedimentos do local				
3.1.3	Restrições de imersão de dragados	3.1.3.1	Classes de dragados	3.1.3.1.1	Classes de dragados do local										



### 4.3 FORMATOS DE DADOS ADMISSÍVEIS

A informação geográfica pode estar no suporte digital em ficheiros SIG e CAD. Os ficheiros SIG encontram-se no formato *shapefile* (formato interno dos *softwares ArcView e ArcGIS*) e os ficheiros CAD nos formatos *\*.dwg* (AutoCAD) e *\*.dxf* (*Data Exchange Format*). Cada tema das *shapefiles* deve ser considerado juntamente com um ficheiro de simbologia (*\*.avl* ou *\*.lyr*).

A informação em formato CAD deve ser georreferenciada e estruturada de forma a permitir obter, a partir desses dados, a mesma informação geográfica tal como se tivesse sido obtida directamente em formato SIG. Para tal, na conversão de CAD para SIG serão efectuadas operações automáticas de construção e validação de tipo topológico (áreas não fechadas, linhas sem ligação, linhas duplicadas, etc.). É importante ainda verificar dados específicos de altimetria, como por exemplo erros de sobreposição e intersecção de batimétricas, correcção de erros de cotas em pontos cotados e em batimétricas. Os ficheiros CAD não terão simbologia associada, nem ligação à componente descritiva associada às entidades. Neste caso, os dados serão separados em layers, um por cada tema (*shapefile*).

Existe ainda cartografia em papel, referente a cerca de trinta anos de actividade do IPTM e, dos serviços que o antecedem. Esta informação inclui levantamentos topo-hidrográficos, de infra-estruturas e de sondagens geológicas entre outros. Esta cartografia poderá ser passada ao formato digital através de *scanners* para posterior tratamento (vectorização).

#### 4.3.1 INFORMAÇÃO EM SIG E EM CAD

Os dados associados às bases geográficas correspondem aos constantes na Tabela 22. A informação já existente ou a adquirir surge organizada a dois níveis:

- Utilização e aplicação de SIG, em que a informação geográfica é organizada por temas dentro de um projecto SIG.
- Utilização CAD, em que a informação é organizada por níveis dentro de um mesmo ficheiro gráfico.

Na Tabela 22 apresentam-se resumidamente as principais diferenças dos procedimentos a seguir para estes dois tipos de utilização.

Tabela 22 - Informação em SIG e em CAD.

Base Geográfica	Inclui	Elementos existentes ou a adquirir	
		Software SIG	Software CAD
Local	Limites administrativos da jurisdição portuária do IPTM.	Polígonos, tabela de registos com a designação dos locais.	Linhas quebradas, contínuas, num nível único, texto.
Sondagens Geológicas	Elementos geográficos de dimensão reduzida, que materializam todas as sondagens geológicas realizadas univocamente numeradas e georreferenciada.	Pontos, tabela de atributos dos pontos, tabela de registo com as características de cada sondagem geológica, tabela de registos com promotor, tabela de registos do local	Pontos num nível único, texto identificador dos pontos (numeração).
Levantamento	Elementos geográficos, pontos, linhas e polígonos necessários para registar o total das intervenções e batimetria marítimo-portuária.	Pontos, linhas, polígonos, tabela de atributos dos pontos, linhas e polígonos, tabela de registo com as características do levantamento.	Pontos, linhas e polígonos em níveis diferentes de acordo com a informação registada.
Estação de amostragem	Elementos geográficos de dimensão reduzida, univocamente numerados e georreferenciada.	Pontos, tabela de atributos dos pontos, tabela de registo com as características de cada sondagem geológica, tabela de registos com promotor, tabela de registos do local	Pontos num nível único, texto identificador dos pontos (numeração).
Estruturas Naturais	Ilhas barreira, restingas, tómbolos, sapais, lagunas, esteiros. Promontórios classificados pelo seu tipo como unidades geomorfológicas.	Linhas e polígonos. Tabelas de atributos das entidades geográficas. Tabela de registo com a descrição da unidade geomorfológica.	Polígonos e linhas (quebradas e contínuas), com níveis diferentes de acordo com as unidades geomorfológicas definidas.
Infra-estruturas Portuárias	Molhes, retenções marginais, cais, faróis, quebra-mares, passadiços flutuantes.	Pontos, linhas e polígonos. Tabelas de atributos das entidades geográficas, tabela de registo com a descrição da entidade definida.	Polígonos e linhas (quebradas e contínuas), com níveis diferentes de acordo com as entidades definidas.
Canais de Navegação	Limites do canal de navegação classificados em função da profundidade verificada.	Linhas, polígonos, tabela de atributos da entidade geográfica, tabela de registo com as características do canal de navegação (extensão, comprimento, profundidade)	Linhas (quebradas e contínuas) em diferentes níveis.

A informação que constitui a base geográfica será estruturada em modelos de dados que se apresentam nos pontos 5 e 6 deste trabalho.

#### 4.3.2 TRATAMENTO TOPOLÓGICO DOS DADOS

Face aos objectivos inicialmente estabelecidos, o tratamento topológico dos dados com vista às operações de análise espacial, será feito em relação aos elementos geográficos

identificados na Tabela 22. Desta forma, apresentam-se algumas das relações topológicas que permitirão realizar operações de análise espacial. Saliente-se que estas operações referem-se apenas aos dados vectorizados.

### Pontos

As estruturas de dados do tipo ponto são representadas vectorialmente com topologia completa. Basta recorrer às coordenadas geográficas que referenciam um ponto num determinado espaço de referência onde estarão igualmente referenciadas outras entidades. Exemplos: sondagens geológicas, estações de amostragem, sinalização dos canais de navegação em zonas portuárias (bóias e faróis).

### Linhas e redes

Uma vez que as linhas simples não implicam uma informação espacial acerca da sua conectividade, só é criada informação topológica quando fizerem parte de uma rede, área ou superfície. A informação topológica é associada às linhas através de nós que identificam onde existem ligações na estrutura de dados. No sentido de criar conectividade numa rede, são identificados os pontos iniciais, os finais e os de junção. Numa segunda etapa são identificadas as linhas e arcos que conectam os nós e, em muitos casos considerar-se-á a direcção. Exemplos: canais de navegação – sentidos de circulação e manobra das embarcações; determinação de percursos óptimos em situações de emergência – socorro em caso de naufrágio, assistência às embarcações, fiscalização das embarcações, controlo do cumprimento das regras de navegação, combate à poluição.

### Áreas

A criação de topologia para o conjunto de entidades do tipo polígono é efectuada de acordo com as seguintes etapas:

- 1 - Criação de uma rede de linhas de fronteira de polígonos, consistindo na identificação dos arcos que intersectam outros arcos, com vista à sua divisão e junção dos nós.
- 2 - Ordenação dos arcos conforme as suas coordenadas x e y, com vista à criação de um polígono “envelope” que integra todos os arcos que delimitam o conjunto de polígonos. Por exemplo, o polígono “envelope” corresponderia a toda a área de jurisdição portuária do IPTM.
- 3 - Ligação de linhas e polígonos, com vista à criação de topologia para cada um dos polígonos considerados.
- 4 - Verificação de que os polígonos estão correctamente fechados.
- 5 - Criação de um identificador único para cada polígono, com vista à ligação a atributos não espaciais e também para a localização relativa dos polígonos a que estarão associadas diversas operações de análise espacial.

Para os três tipos de relações topológicas (estar contido, adjacência e conectividade) são dados alguns exemplos de operações de análise espacial.

Em operações de sobreposição (ponto em polígono, linha em polígono, polígono em polígono) são avaliadas relações do tipo estar contido em, como seguidamente se exemplifica.

- 1 - Determinar a localização e número de bóias de sinalização que estão contidas nos canais de navegação.
- 2 - Determinar o número de sondagens geológicas realizadas nas áreas portuárias de jurisdição do IPTM.
- 3 - Determinar o número de estações de amostragem definidas nas áreas portuárias de jurisdição do IPTM.
- 4 - Determinar a extensão dos canais de navegação que estão contidos nas áreas portuárias de jurisdição do IPTM.
- 5 - Determinar quais as infra-estruturas portuárias existentes em cada área de jurisdição do IPTM, etc.

Em relações topológicas do tipo conectividade, as operações de análise espacial que se esperam realizar dizem respeito à análise de redes anteriormente definidas para os canais de navegação.

Em relações do tipo adjacência, as operações de análise espacial que se esperam realizar dizem respeito a operações de vizinhança e sobreposição. Estas operações permitirão determinar quais as entidades que possuem limites de jurisdição adjacentes aos limites do IPTM, bem como os limites dos diversos sectores das actividades portuárias (ex.: doca-pesca adjacente à doca de recreio).

#### **4.4 TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS E INFORMAÇÃO**

É importante garantir que a aquisição de dados seja feita de acordo com normas adequadas e seguindo métodos definidos rigorosamente.

No que se refere aos dados espaciais pode distinguir-se a aquisição directa e indirecta. A directa pode ser realizada por levantamento de campo. A indirecta através da digitalização da cartografia existente por *scanning* e, possivelmente, vectorização de imagens raster.

A utilização de informação em suporte cartográfico analógico requer um procedimento de reconversão designado por vectorização. Este deverá ser feito sobre a imagem digitalizada. Dependendo da qualidade e do tamanho da imagem, a resolução poderá variar, no entanto

recomendam-se os 300 ppp (pontos por polegada) como valor indicativo de qualidade aceitável (DIAS *et al.*, 2003). Para tal, poderá utilizar-se qualquer programa que se adequa a estes procedimentos, desde que permita um resultado em formato *shapefile* ou *geodatabase*.

As imagens digitalizadas deverão ser sujeitas a um processo de georreferenciação, que consiste na transformação da geometria de uma imagem raster em relação a um determinado sistema de coordenadas. A referenciação espacial de uma imagem pressupõe a existência de um conjunto de pontos de controlo com coordenadas de terreno conhecidas, aos quais se irão fazer corresponder os mesmos pontos visíveis na imagem.

#### 4.5 METADADOS

Toda a informação geográfica deve ser devidamente documentada de forma a garantir a sua posterior utilização. Assim, os metadados correspondem à maneira como se faz essa documentação e consistem na informação detalhada sobre a origem da informação, a precisão posicional, a caracterização dos atributos e a informação temporal (DIAS *et al.*, 2003). Um ficheiro de metadados geralmente acompanha os ficheiros de informação geográfica. Os ficheiros de metadados podem ser classificados como (DIAS *et al.*, 2003):

- De inventário (para uso interno de cada instituição);
- De pesquisa (para que os utilizadores saibam como aceder aos dados e quem os tem);
- De uso (uma descrição completa que permite aos utilizadores determinar a utilidade do produto).

Os metadados não são mais do que informações adicionais (além da informação espacial e tabular) que são imprescindíveis para que os dados se tornem úteis. Trata-se de informação essencial para que se possa fazer o uso dos dados geográficos já que fornecem indicações sobre o conjunto de características dos dados, possibilitando deste modo uma série de usos dos quais se destacam (DIAS *et al.*, 2003):

- Manter a organização interna dos dados geoespaciais;
- Providenciar informação sobre dados existentes em determinada área de interesse, localização desses dados, grau de actualização dos dados, formato e obstáculos à sua utilização;
- Providenciar informação necessária para processar e interpretar dados recebidos através de uma fonte exterior.

Os metadados espaciais são de extrema importância uma vez que, para além de descreverem o conteúdo de determinado conjunto de dados, permitem uma redução do tamanho desses conjuntos (DIAS *et al.*, 2003).

O processo de criação de metadados tem conduzido a uma tentativa de normalização de nomenclatura, definições, catalogação e operacionalidade para todo o tipo de informação geográfica: O objectivo principal dessa normalização é o de se criar um conjunto comum de terminologia e definições para conceitos relacionados com metadados. O facto de se utilizar informação normalizada faz com que os programas se tornem de mais fácil utilização, e se crie uma maior interoperabilidade entre diferentes sistemas e plataformas informáticas (DIAS *et al.*, 2003).

As actividades de normalização na área da Informação Geográfica têm vindo a multiplicar-se durante a última década, tanto ao nível nacional, com por exemplo, a norma francesa EDIGéo, ou a iniciativa americana Federal Geographic Data Committee – FGDC, como ao nível europeu, com a Comissão Técnica 287 do CEN e, mundial, com a Comissão 211 do ISO e o consórcio OpenGIS.

A presente proposta de apresentação de metadados do IPTM foi realizada com base na segunda versão do '*FGDC Metadata Workbook*' (2000, 2004), bem como a pré-norma europeia prENV12657 (COMITÉE EUROPÉEN DE NORMALISATION, 1998), e as orientações do perfil do Sistema Nacional de Recursos Hídricos – SNIRH (1998), que indicam as especificações técnicas de apresentação de metadados realizada pelo INAG no âmbito daquele sistema. Estes trabalhos serviram de base à elaboração de um modelo a seguir para a apresentação da meta-informação relativa à cartografia a adquirir e a produzir pelo IPTM, baseado apenas nos campos mínimos indispensáveis e que procurou atender às necessidades específicas da instituição (DIAS *et al.*, 2003).

Tabela 23 - Tabela Construída com Base na Norma CSDGM (Content Standard for Digital Geospatial Metadata) - FGDC-STD-001-1998.

	Designação	Conteúdo
0	<b>METADADOS</b>	
1	<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	
1.1	Referência	Modo como deverá ser citada a informação geográfica do IPTM
1.1.1	Elementos_de_Referência	Ver ponto 8
1.2	Descrição	
1.2.1	Resumo	Breve descrição sobre o conjunto de dados Geográficos
1.2.2	Objectivo	Identificação dos objectivos com vista aos quais foi produzido o conjunto de dados geográficos

	<b>Designação</b>	<b>Conteúdo</b>
1.3	Domínio_Temporal	
1.3.1	Elementos_do_período_de_tempo	Ver ponto 9
1.3.2	Referência_do_período_de_tempo	Indicação da referência com base na qual foi definida a informação constante no ponto 1.3. Este ponto permitirá especificar se a data se refere ao momento de levantamento de campo, da última actualização dos dados, da publicação dos dados, etc.
1.4	Estado	
1.4.1	Progresso	Estado de desenvolvimento do conjunto de dados geográficos ("Concluído", "Incompleto", "Em curso")
1.4.2	Frequência_de_manutenção_e_actualização	Poderá ser do tipo "Contínua", "Diária", "Semanal", "Mensal", "Trimestral", "Semestral", "Anual", "Desconhecida", "Consoante necessário", "Irregular" e "Nenhuma Programada"
1.5	Domínio_Espacial	
1.5.1	Coordenadas_Limitrofes	Limites da área abrangida pelo conjunto de dados geográficos, expressa em graus decimais de latitude e longitude
1.5.1.1	Coordenada_limítrofe_Oeste	A longitude mais ocidental no conjunto de dados considerados
1.5.1.2	Coordenada_limítrofe_Este	A longitude mais oriental no conjunto de dados considerados
1.5.1.3	Coordenada_limítrofe_Norte	A latitude mais setentrional no conjunto de dados considerados
1.5.1.4	Coordenada_limítrofe_Sul	A latitude mais meridional no conjunto de dados considerados
1.5.2	Superfície_limítrofe	A delimitação da superfície real abrangida pelo conjunto de dados geográficos
1.6	Palavras-Chave	
1.6.1	Tema	Assuntos a que os dados geográficos dizem respeito
1.6.1.2	Palavra_Chave_do_Tema	Palavra-Chave identificadora do Assunto abrangido pelos dados geográficos
1.7	Restrições_de_Acesso	("Nenhuma"; "Para uso exclusivo do IPTM")
1.8	Restrições_de_Uso	("Nenhuma"; "Para uso exclusivo do IPTM")
1.9	Amostra/Descrição_do_Ficheiro da_Figura_Illustrativa	Um ou mais exemplos representativos do conjunto de dados geográficos. Exemplo: um ficheiro gráfico, em formato vectorial ou raster, identificado através do seu conteúdo, formato e localização
1.14	Referências_bibliográficas/Conjunto_de_Dados_geográficos_relacionados	Referência a outros documentos relevantes sobre o conjunto de dados geográficos e designação das instituições detentoras de dados complementares que apresentem interesse potencial para o utilizador
<b>2</b>	<b>QUALIDADE DOS DADOS</b>	
2.1	Relatório_sobre_qualidade_do_conjunto_de_dados_geográficos	Relatório de exactidão temática
2.2	Parâmetros_de_qualidade	Caracterização do desempenho do conjunto de dados geográficos. Quantificação da exactidão temática. Deve contemplar pelo menos um dos seguintes parâmetros: exactidão posicional, exactidão semântica, exactidão temporal, consistência lógica, completude e parâmetros definidos pelo utilizador
2.3	Historial	Uma breve descrição da história do conjunto de dados geográficos: produção, instituição produtora, finalidade de produção, data de produção, fontes e processos.
2.3.1.	Fonte	

	<b>Designação</b>	<b>Conteúdo</b>
2.3.2	Referência_da_Fonte	Ver ponto 6.
2.3.3	Suporte_Físico_da_Fonte	Denominador da escala do subconjunto de dados (se a escala for 1:2000, o módulo será 2000)
2.3.4	Domínio_Temporal_da_Fonte	Suporte físico original do subconjunto de dados geográficos utilizados como fonte ("Papel"; "CD-ROM", etc.)
2.3.5	Abreviatura_da_Referência_da_Fonte	Referência abreviada da fonte utilizada. Deverá ser a mesma que a usada em 2.5.2.2. ou 2.5.2.4
2.3.6	Contribuição_da_Fonte	Identificação da informação extraída da fonte utilizada e que passou a integrar o conjunto de dados geográficos
2.3.7	Processo	Informação relativa a cada um dos processos que deram origem ao conjunto de dados geográficos
2.3.7.1	Descrição_do_Processo	Descrição do Processo e respectivos parâmetros e tolerâncias
2.3.7.2	Abreviatura_Referência_da_Fonte_Utilizada	Fonte utilizada num dado processo
2.3.7.3	Data_do_Processo	Data de término do Processo
2.3.7.4	Abreviatura_Referência_da_Fonte_Produzida	Referência abreviada a um produto intermédio gerado por um processo, sempre que seja considerado relevante pelo produtor e seja usado em etapas posteriores da cadeia de produção
2.3.7.5	Contacto_do_Processo	Pessoa ou instituição responsável pelo processo. Ver ponto 10.
<b>3</b>	<b>SISTEMA_DE_REFERÊNCIAÇÃO_ESPACIAL</b>	
3.1	Sistema_de_posicionamento_indirecto	Designação do sistema de referenciação espacial indirecta, adoptado para o posicionamento. Por exemplo: divisões administrativas ou endereços postais
3.2	Sistema_de_posicionamento_directo	
3.2.1	Designação_do_datum_geodésico	
3.2.2	Designação_do_elipsóide_de_referência	
3.2.3	Designação_do_sistema_de projecção	
3.2.4	Designação_do_datum_altimétrico	
<b>4</b>	<b>DEFINIÇÃO_DE_DADOS</b>	
4.1.1.1	Nome_do_tipo_de_entidade	Texto descritor do tipo de entidade
4.1.1.2	Designação_do_tipo_de_entidade	Descrição do tipo de entidade ou referência a uma definição que faça parte de uma norma de <i>jure</i> ou de facto.
4.1.1.3	Nome_do_atributo	Texto descritor do tipo de atributo
4.1.1.4	Designação_do_tipo_de_atributo	Tipos de atributos que identificam ou caracterizam as entidades da mesma classe
<b>5</b>	<b>ELEMENTOS_DE_REFERÊNCIA_DOS_METADADOS</b>	Informação sobre o grau de actualização dos metadados e Identificação do Responsável pela sua produção e manutenção
5.1	Data_dos_Metadados	Data de criação dos metadados. Ver ponto 7.
5.2	Contacto dos Metadados	Ver ponto 8.
5.3	Nome_da_Norma_de_Metadados	"Content Standard for Digital Geospatial Metadata (FGDC)"
5.4	Versão_da_Norma_de_Metadados	"FGDC-STD-001-1998"
<b>6.</b>	<b>ELEMENTOS_DE_REFERÊNCIA</b>	
6.1	Autor	Identificação das Entidades ou indivíduos que produziram o conjunto de dados. Ver ponto 8.
6.2	Data_de_Publicação	Data de edição ou cedência ao público do conjunto dos dados.



	Designação	Conteúdo
6.3	Título	Designação do documento ou conjunto de dados
6.4	Edição	Versão do documento ou conjunto de dados
<b>7</b>	<b>ELEMENTOS DE PERÍODO DE TEMPO</b>	
7.1.	Data/Hora_única	
7.1.1	Data	
7.2	Intervalo_de_Data/Hora	
7.2.1	Data_Inicial	
7.2.3	Data_Final	
<b>8</b>	<b>ELEMENTOS DE CONTACTO</b>	
8.1	Contacto_Pessoal_Prioritário	
8.1.1	Contacto_Pessoal	Nome do indivíduo a contactar
8.1.2	Contacto_Institucional	Nome da instituição a contactar
8.2	Contacto_Institucional_Prioritário	
8.2.1	Contacto_Institucional	Nome da Instituição a contactar
8.2.2	Contacto_Pessoal	
8.3	Endereço_de_Contacto	
8.3.1	Endereço	
8.3.2	Cidade	Localidade do endereço
8.3.3	Divisão_Administrativa	Divisão administrativa onde se localiza o endereço
8.3.4	Código_Postal	Código postal do endereço
8.3.5	Telefone	Incluir os indicativos regionais e nacionais
8.4	Fax	
8.5	Correio_Electrónico	

Para produzir um documento de metadados basta utilizar um processador de texto e escrever os diversos elementos de forma hierárquica. Será criado no IPTM-Sede um ficheiro para esse fim e que incluirá todos os elementos necessários. O modelo-tipo desse ficheiro apresenta-se no ANEXO 2 - metadados.

#### 4.6 QUALIDADE DOS DADOS

Podem diferenciar-se dois níveis de análise de qualidade (MATOS, 2001):

- Qualidade Interna que consiste na verificação das especificações ao nível da estrutura e consistência da informação;
- Qualidade Externa que consiste na avaliação dos elementos entregues obtidos de forma independente.

Quanto à consistência da informação, deve ser verificada:

- i) A existência de valores fora do seu domínio, nomeadamente em relação à informação alfanumérica;
- ii) A inconsistência espacial.

Relativamente ao segundo tipo, devem ser aferidas as características topológicas dos ficheiros, nomeadamente no que diz respeito à eliminação de anomalias de digitalização, intersecções entre elementos incompatíveis, erros de sobreposição ou intersecção de batimétricas, correcção de “*dangle nodes*” (os nós dos arcos de uma rede que, incorrectamente, não se intersectam) e incorrecções de codificação. Deve ainda ser realizado um controlo de qualidade relativo à ligação entre os dados alfanuméricos e vectoriais correspondentes.

#### **4.7 QUALIDADE CARTOGRÁFICA**

Relativamente à representação da informação, há também alguns pontos a considerar. Esses pontos prendem-se com aspectos da leitura dos mapas e são os seguintes: O leitor de um mapa é aquela pessoa que detecta, discrimina e identifica o que está representado no mapa. O utilizador dos mapas vai mais além, chegando mesmo a um estágio de compreensão da informação contida no mapa. Um utilizador lê, analisa e interpreta um mapa. Pode usar a informação para trabalhar sobre ela e decidir, conforme os resultados das sondagens geológicas ou da análise da qualidade ambiental da água. Ao cartógrafo cabe a tarefa de produzir mapas diferentes para leitores e utilizadores diferentes (MOTA, 2003).

Quando se pretende cartografar um determinado assunto há que escolher os dados cuidadosamente, tendo em atenção as fontes que se usam, sobretudo quando se usam fontes diversas. A fonte deve ser de confiança, as projecções devem ser conversíveis, os métodos de recolha de dados devem ser idênticos e os dados devem referir-se à mesma data. Quando se trabalha com dados referentes ao mar, a data a que se referem os dados fazem, certamente, diferença. Os valores alteram-se frequentemente. É falacioso comparar dados referentes a épocas diferentes (MOTA, 2003).

A maioria do *software* de SIG hoje disponível permite a produção rápida e quase automática de *layouts* a partir de dados. Isto é excelente, mas a elaboração de um mapa correcto e legível deve ser alvo de algum tempo gasto em frente ao computador. O espírito crítico é importante para nos apercebermos de que as escolhas automáticas que o computador faz relativamente às cores ou aos símbolos a utilizar, nem sempre são as melhores. As escalas gráficas que são colocadas nos mapas devem respeitar as regras para uma leitura fácil. A legenda deve ser cuidadosamente escolhida para que os símbolos sejam os mais apropriados (MOTA, 2003).

A representação cartográfica da informação também deve ter em atenção outros aspectos. Uma das maneiras de manipular informação é através das próprias características e técnicas de construção de mapas. A simplificação ou a generalização podem ser usadas de maneira a que um determinado mapa realce uns aspectos em detrimento de outros (DIAS, 1991). Pode dizer-se que os dados estatísticos, se recolhidos com fiabilidade, são objectivos, não sendo possível alterar o seu significado. O mesmo não poderá dizer-se da representação gráfica desses valores. Diversos autores referem este aspecto demonstrando claramente como é fácil manipular informação, aparentemente objectiva (DIAS, 1991). Existem vários métodos de divisão em classes e cada um deles produz a divisão de maneira diferente (DIAS, 1991). Uma vez mais, o *software* cartográfico e de SIG oferece, geralmente, a possibilidade de escolher o método mais adequado. Perante isto, o cartógrafo tem três hipóteses:

- 1 - Escolher aquele que mais se adequa à realidade dos factos (estão descritas as situações em que cada método é mais apropriado);
- 2 - Escolher o método que o *software* define por omissão ("*default*");
- 3 - Escolher o método que produza o mapa que mais se aproxima da "realidade" que quer mostrar.

As duas últimas hipóteses podem originar mapas que distorcem a realidade. Quando o cartógrafo aceita o método que o "*software*" lhe oferece por omissão, a distorção fica a dever-se à inércia na procura da melhor solução. Quando se opta pelo método que favorece determinados resultados, o intuito é manipular a informação, devendo por isso seguir regras, os mapas produzidos por um SIG. A formação cartográfica nunca poderá ser descurada na formação de um técnico de SIG (MOTA, 2003). Quando os mapas são produzidos por alguém que apenas domina o programa de computador, corre-se o risco de não se atingirem os objectivos pretendidos.

## **5. MODELO CONCEPTUAL DE INFORMAÇÃO GEOLÓGICA**

Apresenta-se um modelo conceptual de informação geológica e, desenvolve-se uma base de dados de informação geográfica, relativa a sondagens geológicas (SG) e campanhas de amostragem de sedimentos, no âmbito das operações de dragagem que, neste caso, foram realizadas nas áreas portuárias sob jurisdição do IPTM, sendo os dados apresentados propriedade daquele Instituto. Neste trabalho não são discriminados os limites de jurisdição do IPTM, encontrando-se definidos genericamente na legislação específica do sector marítimo e portuário, estando os limites de tais áreas ainda em discussão, para aprovação.

O modelo conceptual permite representar de maneira abstracta, formal e não ambígua, a realidade da aplicação, facilitando a comunicação entre projectistas e utilizadores. As aplicações geográficas exigem alguns requisitos específicos na modelação, aquando da concepção do modelo para o SIG (FILHO, IOCHPE, 2002).

Com base no modelo conceptual, é possível implementar uma base de dados que permita a gestão da informação geográfica, definindo as suas características e associações com outra informação.

A base de dados foi concebida de forma a integrar toda a informação georreferenciada no âmbito das actividades geológicas realizadas no IPTM. Pretende-se, assim, integrar a informação geográfica relativa ao tipo de sondagens geológicas realizadas, ao tipo de materiais geológicos presentes (litologias), ao tipo de ensaios realizados, ao tipo de amostras colhidas (características físico-químicas) e, às relações espaciais que se estabelecem entre as várias sondagens, em função das características dos materiais amostrados em profundidade, bem como aos locais onde se realizam, quem promove esses trabalhos, registando uma variedade de dados geográficos (DIAS, 2003a).

Na aplicação ao caso de estudo, foi apenas utilizada parte da informação geográfica contida na base de dados. A informação geográfica utilizada é a respeitante às campanhas de amostragem aos sedimentos a dragar realizadas no âmbito das operações de dragagem. Essa informação diz respeito à localização das estações de amostragem e aos parâmetros analisados nos sedimentos a dragar

### **5.1 OBJECTIVOS DA BASE DE DADOS**

Com o desenvolvimento de um modelo adequado ao problema equacionado, pretende-se dar respostas às reais e actuais necessidades do IPTM no sector da geologia, permitindo a

organização da informação geográfica das sondagens geológicas de uma forma integrada e relacionada, permitindo a rápida disponibilização dos dados geológicos.

Desta forma pretende-se disponibilizar a informação geográfica relativa aos dados de sondagens geológicas (tais como: a quantidade de sondagens geológicas realizadas em cada local ou vários locais, quais as características das formações presentes nas diferentes áreas portuárias, qual a quantidade de ensaios realizados, quantas amostras sedimentares foram colhidas em cada sondagem ou na totalidade da campanha de sondagens, qual a totalidade de furação em cada campanha), as características físico-químicas dos materiais dragados e as suas classes de qualidade ambiental, possibilitando o cálculo de áreas de dragagem e volumes de dragados, representação dos perfis topo-hidrográficos, criação de mapas temáticos (como: das características geológico-geotécnicas presentes nas diversas áreas portuárias, das classes de qualidade dos dragados presentes nas áreas de dragagem, da variabilidade espacial do grau de contaminação dos sedimentos portuários), entre muitas outras questões que poderiam ser formuladas.

Pretende-se com o desenvolvimento desta Base de Dados, por um lado possibilitar o arquivo e armazenamento sistematizado da informação geográfica que está associada com as sondagens geológicas, por outro lado, possibilitar a sua utilização através de aplicações específicas, usadas nos diversos domínios do sector da geologia do IPTM.

Esta informação poderá ainda ser usada para contribuir para a definição de zonas de prospecção de recursos naturais com interesse à actividade portuária, como sejam zonas de inertes para alimentação de praias, zonas de inertes para aterros, reutilização de materiais em obra, como sejam: os materiais dragados resultantes das operações de dragagem, reutilizáveis em obras portuárias ou em zonas de interesse público, definição de locais para depósito desses materiais dragados, incluindo as operações de imersão no mar.

## **5.2 CONCEPÇÃO GLOBAL DO MODELO DE DADOS**

A modelação dos dados é sempre feita com base nalgum formalismo conceptual, por exemplo: Entidade- Relação, sendo o resultado do processo de modelação apresentado através de uma linguagem formal de descrição que pode ser expressa através de uma sintaxe ou notação gráfica. Essa linguagem formal contém um conjunto de conceitos, elementos e regras (FILHO, IOCHPE, 2002).

A organização de dados geográficos mais utilizada é o modelo geo-relacional, que utiliza um sistema de gestão de base de dados (SGBD), como a aplicação Access, de forma a serem armazenados em tabelas os atributos das entidades geográficas.

Na concepção global do modelo foram definidos os itens de dados (atributos) a registar na BD e foram agrupados por entidades. Este modelo permite uma abordagem que se caracteriza pela:

1. Identificação das entidades
2. Identificação das relações entre as entidades
3. Identificação dos atributos das entidades

### 5.2.1 IDENTIFICAÇÃO DAS ENTIDADES

As entidades foram definidas como os objectos que se identificam por possuírem existência independente, e sobre as quais o IPTM necessita de recolher informação.

Entende-se por ENTIDADE os objectos sobre os quais armazenamos dados. São itens do mundo real que tem características ou atributos e que se relacionam com outras entidades. É a forma básica de agrupamento de dados mantidos em tabelas em uma base de dados. No caso de entidades geográficas a principal característica é a localização, dada pelas suas coordenadas num determinado sistema de projecção.

Em seguida, a primeira tarefa é agrupar os dados recolhidos. Este agrupamento será feito de uma forma normalizada pelo que antes de mais é necessário definir alguns termos.

#### Definição dos Termos Usados

**Entidade** - Algo que se identifica através de um nome ou de uma descrição.

**Atributo** - É uma característica da entidade. Estes atributos podem ser comuns a várias entidades.

**Elemento, dado ou campo** - Um nome dado ao atributo no sistema do computador que representa o atributo.

**Identificadores** - Um ou mais campos que definem uma entidade de uma forma única.

**Índice** - Um identificador que pode ser utilizado para ordenar os dados, ou seja todos os valores que toma são únicos.

**Chave Primária** – O campo que serve de índice e de identificador principal de uma entidade.

**Chave estrangeira** - Um campo que é um atributo de uma entidade sendo simultaneamente uma chave primária de outra entidade.

**Relação** - Um tipo de associação entre duas unidades de dados. Os tipos de relação podem ser um para muitos, muitos para muitos e um para um.

## 5.2.2 PRINCIPAIS LISTAGENS QUE A BASE DE DADOS DEVERÁ PERMITIR PRODUIR

A BD deverá permitir registrar os dados de cada entidade identificada e definida.

### 5.2.2.1 RELATIVAMENTE AO PROMOTOR

Tabela 24 - O nome e o acrónimo da Entidade promotora da actividade, (podendo ser acrescentados atributos relativos à morada, telefone de contacto, etc).

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
PROMOTOR	Entidade que promove a actividade	Características da entidade geográfica

### 5.2.2.2 RELATIVAMENTE AO LOCAL

Tabela 25 - A designação geográfica da área portuária.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
LOCAL	Designação geográfica da área portuária onde se realiza a actividade	Características da entidade geográfica

### 5.2.2.3 RELATIVAMENTE AO LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO

Tabela 26 - Os dados relativos aos levantamentos topo-hidrográficos realizados pelo IPTM.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO	Levantamento da Topo-hidrografia da área portuária considerada representada alfanumericamente da área da actividade	Características da entidade geográfica

### 5.2.2.4 RELATIVAMENTE A PROFUNDIDADE

Tabela 27 - As profundidades de ocorrência das sequências sedimentares para cada SG, presentes nas áreas portuárias.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
PROFUNDIDADE	Profundidade de ocorrência das litologias presentes em cada sondagem	Características da entidade geográfica

### 5.2.2.5 RELATIVAMENTE A SONDAGEM GEOLÓGICA

Tabela 28 - Os dados de cada campanha de sondagens geológicas realizada pelo IPTM, bem como as características de cada sondagem.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
SONDAGEM GEOLÓGICA	Perfil vertical de registo das variações litoestratigráficas das sequências sedimentares	Características da entidade geográfica

### 5.2.2.6 RELATIVAMENTE A LITOLOGIA

Tabela 29 - As designações geológicas das sequências sedimentares presentes nas áreas portuárias.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
LITOLOGIA	Sequências litoestratigráficas sedimentares presentes nas áreas portuárias	Características da entidade geográfica

### 5.2.2.7 RELATIVAMENTE AOS ENSAIOS GEOMECÂNICOS - SPT

Tabela 30 - Os dados de cada ensaio de SPT, realizados nas campanhas de sondagens geológicas realizadas pelo IMPT.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
ENSAIO_SPT	Ensaio geomecânico, designado por "Standard Penetration Test", que consiste no registo do número de pancadas necessárias para a penetração nos sedimentos do comprimento standard do amostrador Terzaghy	Características da entidade geográfica

### 5.2.2.8 RELATIVAMENTE A ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM

Tabela 31 - A localização dos locais da colheita de amostras sedimentares para análise físico-química.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM	Locais onde se recolhem as amostras sedimentares para análise	Características da entidade geográfica

### 5.2.2.9 RELATIVAMENTE A AMOSTRA

Tabela 32 - Os dados relativos aos valores das concentrações das substâncias analisadas nas amostras sedimentares colhidas nas estações de amostragem definidas no projecto de dragagem.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO	ATRIBUTOS
AMOSTRA	Substâncias analisadas físico-quimicamente para avaliar a qualidade dos sedimentos portuários	Características da entidade geográfica

### 5.2.3 IDENTIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES ENTRE AS ENTIDADES

A relação existente entre as entidades consiste numa associação existente no mundo real entre dois objectos.



O Modelo Entidade - Relação consiste numa técnica de modelação que se baseia no desenho de uma base de dados, consistindo num modelo conceptual obtido a partir da informação recolhida, que proporcionará a implementação da Base de Dados (BD). Na concepção global do modelo foram definidos os itens de dados (atributos) a registar na BD, foram agrupados por entidades, dando origem ao Diagrama Entidade-Associação(DEA), que representa a estrutura do conjunto de dados relativos às sondagens portuárias. No Diagrama Entidade Associação, as entidades são representadas por rectângulos contendo o nome da entidade no seu centro.

Existem três tipos de relações possíveis entre entidades:

#### **5.2.3.1 RELAÇÕES DE UM-PARA-UM (1:1)**

Quando uma ocorrência de uma entidade pode ter uma relação com uma, e apenas uma, ocorrência de outra entidade.

#### **5.2.3.2 RELAÇÕES DE UM-PARA-VÁRIOS (1:M)**

Quando uma ocorrência de uma entidade pode possuir várias ocorrências de outra entidade, mas não vice-versa.

#### **5.2.3.3 RELAÇÕES DE MUITOS-PARA-MUITOS (M:N)**

Quando várias ocorrências de uma entidade possuem várias ocorrências de outra entidade. No DEA as relações são representadas por linhas, entre rectângulos que representam as entidades relacionadas, sendo as relações do lado vários representadas com um “pé de galinha” na ponta do lado vários.

#### **5.2.3.4 DIAGRAMA ENTIDADE-RELAÇÃO**

Este diagrama representa as relações existentes entre as várias entidades definidas no modelo conceptual designado por MIG\_PORTS.

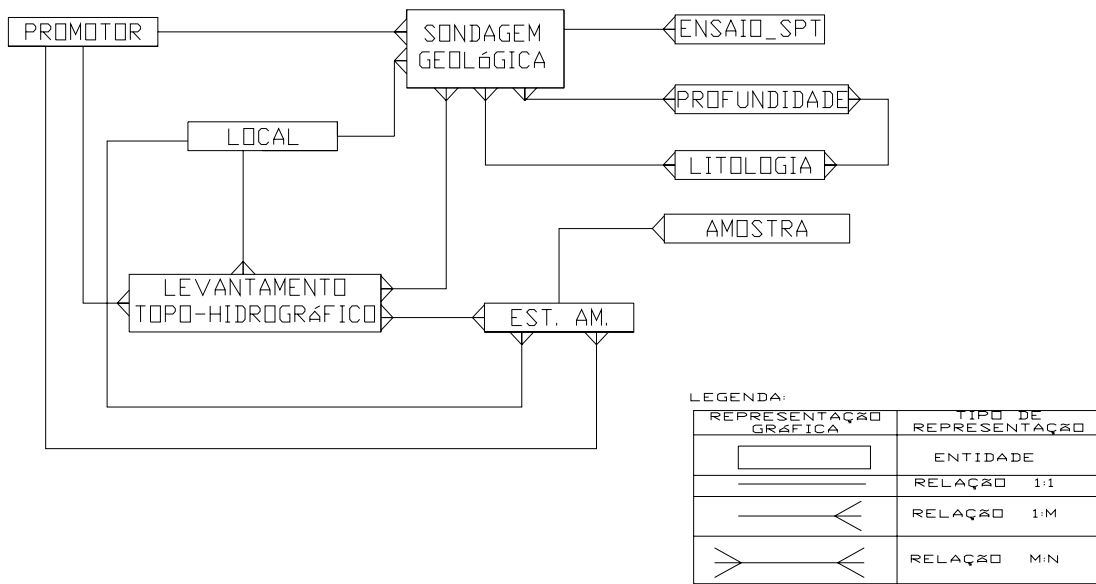


Figura 32. Diagrama representativo das relações existentes entre as várias entidades definidas no MIG\_PORTS, adaptado de DIAS, E. (2003a).

Para simplificar os DEA muito grandes, é habitual desenhar um diagrama geral representando todas as entidades e as suas respectivas relações e vários sub-diagramas de partes do esquema geral exibindo atributos ligados a cada uma das entidades.

#### 5.2.4 IDENTIFICAÇÃO DOS ATRIBUTOS DAS ENTIDADES

Após a identificação das entidades e das relações entre elas, são então definidos os atributos pertencentes a cada uma das entidades que descrevem. Esquemáticamente, figuras 29 a 35, os atributos podem ser representados irradiando a partir das entidades a que pertencem.

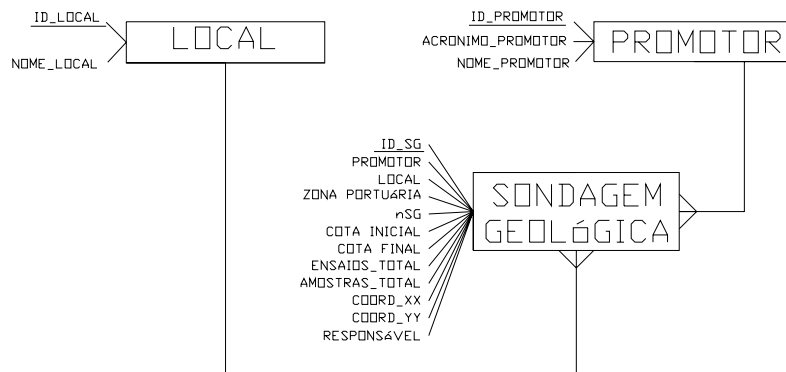


Figura 33. SUB-DIAGRAMA DEA: promotor – local – sondagem geológica, adaptado de DIAS, E. (2003a).

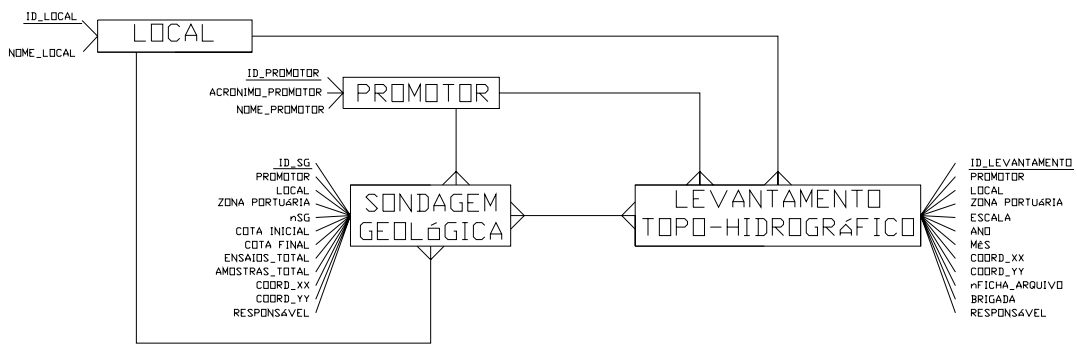


Figura 34. SUB-DIAGRAMA DEA: promotor – local – levantamento topo-hidrográfico – sondagem geológica, adaptado de DIAS, E. (2003a).

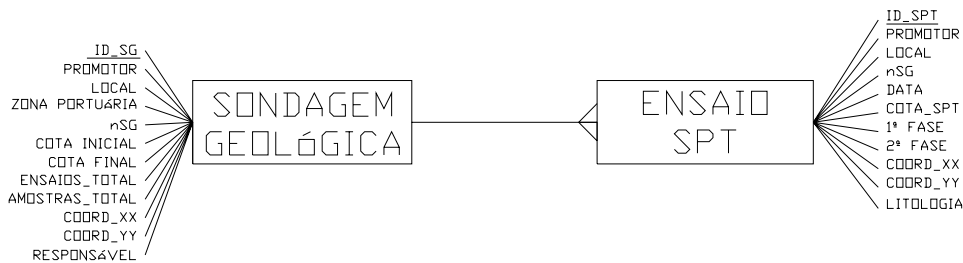


Figura 35. SUB-DIAGRAMA DEA; sondagem geológica – ensaio spt, adaptado de DIAS, E. (2003a).

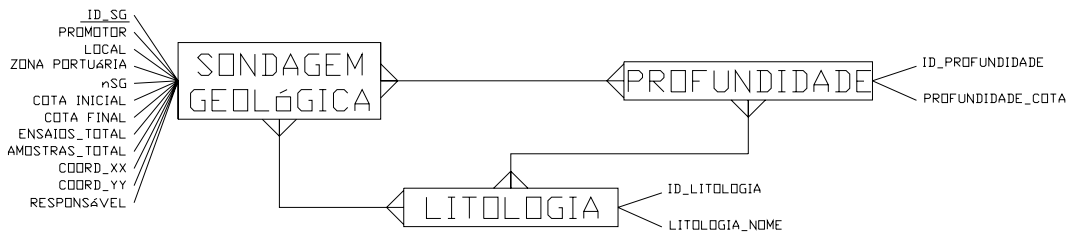


Figura 36. SUB-DIAGRAMA DEA: sondagem geológica – litologia – profundidade, adaptado de DIAS, E. (2003a).



Figura 37. SUB-DIAGRAMA DEA: promotor – local – levantamento topo-hidrográfico, adaptado de DIAS, E. (2003a).

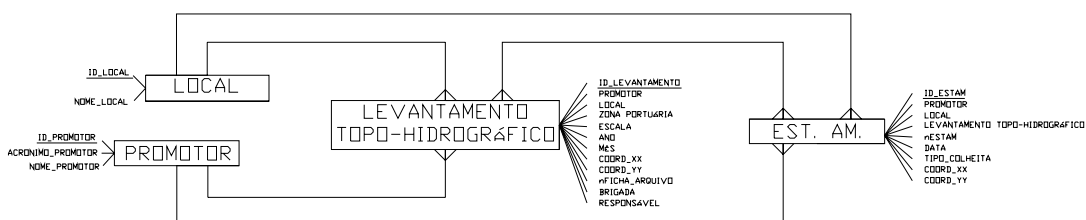


Figura 38. SUB-DIAGRAMA DEA: promotor – local – levantamento topo-hidrográfico – estação de amostragem, adaptado de DIAS, E. (2003a).

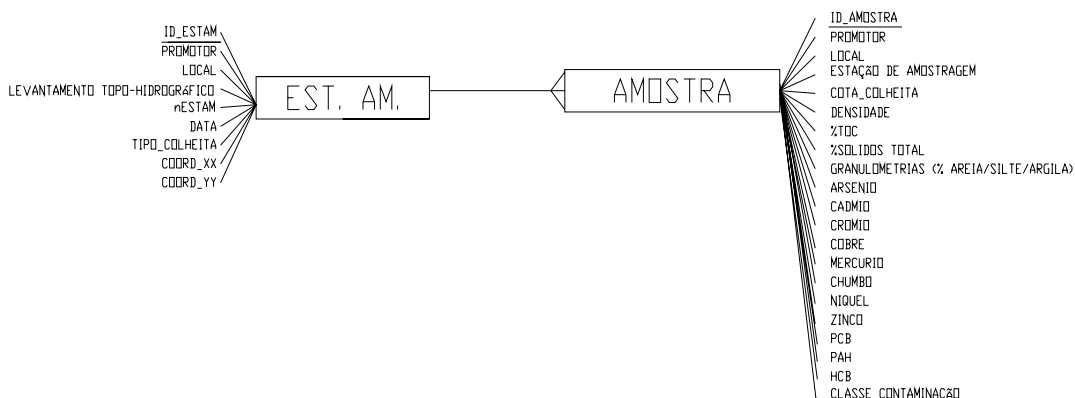


Figura 39. SUB-DIAGRAMA DEA: estação de amostragem – amostra, adaptado de DIAS, E. (2003a).

### 5.3 MODELAÇÃO ENTIDADE – ATRIBUTO – RELAÇÃO (EAR)

A modelação entidade – atributo - relação foi empregue como uma técnica preliminar, para produzir um modelo de dados inicial.

Foi garantido neste modelo EAR que todos os dados são guardados uma única vez, com excepção da redundância natural, necessária ao estabelecimento de chaves estrangeiras, evitando-se desta forma possíveis anomalias na actualização. É de notar que só os atributos chave podem ser legitimamente duplicados num modelo em 3NF.

#### 5.3.1 NORMALIZAÇÃO

A normalização foi empregue como uma técnica utilizada para refinar o modelo preliminar, Tabela 33, de forma a se obter um modelo conceptual, o qual consiste num conjunto de definições de tabelas adequadas para serem utilizadas numa base de dados relacional.

Tabela 33 - Processo de normalização.

<b>Primeiro passo</b>	Os grupos repetidos retiram-se para uma nova entidade. A nova entidade terá uma chave primária composta pela chave primária anterior e outro índice.
<b>Segundo passo</b>	Atributos que só dependam da chave primária retiram-se para uma nova entidade.
<b>Terceiro passo</b>	Atributos que dependam somente doutro índice dentro de uma entidade retiram-se para uma nova entidade.

No caso de sistemas muito complexos ou onde a rapidez de acesso aos dados é muito importante poderá fazer-se um processo de desnormalização de dados mas este tipo de abordagem não costuma ser utilizado a nível de bases de dados em Access.

Assim:

- A **1NF** envolveu simplesmente a remoção de grupos repetidos de valores de uma tabela, segmentando-se essa tabela tantas vezes quantas as necessárias.
- A **2NF** foi utilizada para resolver problemas que existiam em tabelas que possuem chaves primárias compostas.
- A **3NF** foi utilizada para garantir que todos os atributos não chave de uma tabela são independentes entre si.

### 5.3.2 DERIVAR TABELAS

Como não existe uma equivalência directa entre as entidades EAR (Entidade-Atributo-Relação) e as tabelas do modelo Relacional, tornou-se necessário estabelecer as chaves primárias de cada entidade, de forma que cada linha de uma tabela seja identificada de modo único, estabelecer as relações entre as entidades, e tornar possível a capacidade de lidar com grupos repetidos. Quando se estabelece a chave primária, assegura-se que de entre os atributos de cada entidade existe um apropriado para desempenhar essa função, o que na situação do modelo em causa não acontece, isto é, não existe um atributo com as características necessárias para desempenhar a função de chave primária, tendo assim sido necessário criar uma chave artificial, que não é mais do que uma sequência numérica. Desta forma, foi criada uma chave artificial para cada uma das entidades definidas no modelo MIG-PORTS. A chave primária de uma tabela é representada graficamente sublinhando a designação do atributo que desempenha essa função.

O modelo relacional utiliza a partilha de atributos para relacionar tabelas, designando-se neste caso por chaves estrangeiras, considerando que a chave estrangeira de uma tabela, é a chave primária da outra tabela que se pretende relacionar.

As relações do tipo um-para-vários (1:M) poderiam ser modeladas, para a forma tabular, adicionando a chave primária da entidade do lado 1 à tabela correspondente à entidade do lado M, criando-se uma chave estrangeira, resultando na criação de chaves primárias compostas do lado da entidade que possui a relação vários. No entanto, optou-se pela criação de uma nova entidade e de duas ou mais relações um-para-vários (1:M), que são adicionadas ao diagrama EAR. Nos casos em que existem relações entre tabelas do tipo vários-para-vários, procedeu-se à decomposição da relação (M:N) em duas relações do tipo (1:M), utilizando a chave primária de cada uma das entidades a relacionar, como o atributo de uma tabela intermédia, funcionando esses atributos como uma chave primária composta da tabela intermédia resultando na criação de uma nova entidade e de duas relações do tipo um-para-vários (1:M), que são adicionadas ao diagrama EAR.

A derivação de tabelas é apresentada no Anexo 3, ponto 3.1 – Derivar tabelas.

#### 5.4 MODELO DE DADOS FÍSICO

Produzido o modelo conceptual da base de dados de sondagens geológicas realizadas nas áreas portuárias, são implementadas algumas restrições aplicáveis ao tipo de dados de um determinado atributo e que são incluídas no modelo.

Apresentam-se, nas tabelas que se seguem, um número limitado de tipo de dados, estando incluídas anotações sobre as restrições aplicáveis aos valores de um determinado atributo.

Apresentam-se seguidamente os atributos possíveis de cada tabela que representa uma entidade. Onde em cada tabela, CP – Chave Primária, CE – Chave Estrangeira, I – Índice, respectivamente.

Tabela 34 - Tabela da entidade promotor.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			<u>ID_Promotor</u>	Identificador único	Numero Inteiro	Não
			Acronimo_Promotor	Acrónimo do Promotor	CHAR(15)	Não
			Nome_Promotor	Designação da entidade	CHAR(50)	Não

Tabela 35 - Tabela da entidade local.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			<u>ID_local</u>	Identificador único	N.º Inteiro	Não
			Nome_local	Designação geográfica da área portuária	CHAR(50)	

Tabela 36 - Tabela da entidade levantamento topo-hidrográfico.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			<u>ID_Levantament</u>	Identificador único	N.º Inteiro	Não
			Zona Portuaria	Designação da zona portuária onde se realiza o levantamento	CHAR(50)	
			Escala	Escala a que se fez o levantamento	CHAR(15)	
		X	Ano	Ano da realização do levantamento	CHAR(15)	
			Mês	Mês da realização do levantamento	CHAR(15)	
			Coord_XX	Coord da quadrícula do canto sup. esquerdo da folha de projecção	N.º Decimal	
			Coord_YY	Coord da quadrícula do canto sup. esquerdo da folha de projecção	N.º Decimal	
			nFicha_Arquivo	Designação atribuída ao levantamento, no arquivo de fichas, onde consta o n.º do arquivo onde se encontra armazenado	CHAR(50)	
			Brigada	Brigada topo-hidrografica do IPTM que realizou o levantamento	CHAR(50)	
			Responsável	Eng. Geógrafo responsável pelo Levantamento topo-hidrográfico	CHAR(50)	

Tabela 37 - Tabela de derivação cod\_prom\_loc\_lev.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
			ID_Promotor	Identificador único da tabela PROMOTOR	N.º Inteiro	Não
			ID_Local	Identificador único da tabela LOCAL	N.º Inteiro	Não
	X		<u>ID_Levantamento</u>	Identificador único da tabela LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO	N.º Inteiro	Não

Tabela 38 - Tabela da entidade sondagem geológica.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			<u>ID_SG</u>	Identificador único	N.º Inteiro	Não
			Zona portuária	Designação da zona portuária onde se realiza o levantamento	CHAR(50)	
			nSG	Designação atribuída à SG na campanha de SG	CHAR(15)	
		X	Data	Data da realização da SG	CHAR(15)	
			Cota_inicial	Cota inicial do furo da SG (em metros)	N.º Decimal	
			Cota_final	Cota final do furo da SG (em metros)	N.º Decimal	
			Ensaio_total	Numero total de ensaios realizado na campanha de SG	N.º Inteiro	
			Amostras_total	Numero total de amostras sedimentares recolhidas na campanha de SG	N.º Inteiro	
			Coord_XX	Georreferenciação da SG	N.º Decimal	
			Coord_YY	Georreferenciação da SG	N.º Decimal	
			Responsável	Sondador coordenador da campanha de SG	CHAR(50)	

Tabela 39 - Tabela de derivação cod\_prom\_loc\_sg.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
			ID_Promotor	Identificador único da tabela PROMOTOR	N.º Inteiro	Não
			ID_Local	Identificador único da tabela LOCAL	N.º Inteiro	Não
	X		<u>ID_SG</u>	Identificador único da tabela SONDAGEM GEOLÓGICA	N.º Inteiro	Não

Tabela 40 - Tabela de derivação cod\_levantamento\_sg.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
			ID_Levantamento	Identificador único da tabela LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO	N.º Inteiro	Não
	X		<u>ID_SG</u>	Identificador único da tabela SONDAGEM GEOLÓGICA	N.º Inteiro	Não

Tabela 41 - Tabela da entidade litologia.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			<u>ID_Litologia</u>	Identificador único	N.º Inteiro	Não
			Nome_Litologia	Designação geológica dos estratos litológicos presentes nas sequências litoestratigráficas	CHAR(50)	

Tabela 42 - Tabela da entidade profundidade.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			<u>ID_Profundidade</u>	Identificador único	N.º Inteiro	Não
			Prof_Cota	Cota (em metros) Z.H. a que ocorre cada litologia em cada sondagem	N.º Decimal	

O registo dos valores das profundidades é feito em relação ao Zero Hidrográfico (Z.H.), cujo Datum é o marégrafo de Cascais (considerado 2,0 metros abaixo do Nível Médio do Mar-NMM).

As profundidades são registadas de cima para baixo, isto é, da sua cota superior para a sua cota inferior, assumindo geralmente valores negativos.

O preenchimento do atributo Prof\_Cota, relativo à profundidade de ocorrência de cada litologia intersectada em cada sondagem geológica, diz respeito à profundidade da base da camada litológica intersectada (limite inferior da profundidade de ocorrência de uma litologia). Assim, é possível calcular a espessura de cada camada relativa a uma litologia, determina pela diferença aritmética entre a base da camada superior e a base da camada considerada. Salienta-se que existe uma excepção relativamente ao cálculo da espessura da primeira camada, que neste caso é calculada em relação à cota inicial da furação da SG.



Tabela 43 - Tabela de derivação cod\_sg\_prof\_litolog.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
			ID_SG	Identificador único da tabela SONDAGEM GEOLÓGICA	N.º Inteiro	Não
			ID_Litologia	Identificador único da tabela LITOLOGIA	N.º Inteiro	Não
	X		ID_Profundidade	Identificador único da tabela PROFUNDIDADE	N.º Inteiro	Não

Tabela 44 - Tabela da entidade ensaio spt.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			ID_SPT	Identificador único	N.º Inteiro	Não
			Cota_SPT	Cota (metros) ao Z.H. de realização do ensaio SPT do furo da SG	N.º Decimal	
			1.ª Fase	Registo do numero de pancadas necessárias à penetração dos 1ºs 15 centímetros de amostrador	N.º inteiro	
			2.ª Fase	Registo do numero de pancadas necessárias à penetração dos 2ºs 30 centímetros de amostrador	N.º inteiro	
			Litologia	Litologia, da formação onde se realiza o ensaio	CHAR(50)	

Tabela 45 - Tabela de derivação cod\_sg\_spt.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
			ID_SG	Identificador único da tabela SONDAGEM GEOLÓGICA	N.º Inteiro	Não
	X		ID_SPT	Identificador único da tabela ENSAIO SPT	N.º Inteiro	Não

Tabela 46 - Tabela da entidade estação de amostragem.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			ID_ESTAM	Identificador único	N.º Inteiro	Não
			nESTAM	Designação da estação de amostragem	CHAR(15)	
		X	Data	Data da realização da colheita naquela EstAm	CHAR(15)	
			Tipo_Colheita	Equipamento usado na colheita das amostras sedimentares	CHAR(50)	
			Coord_XX	Georreferenciação da EstAm	N.º Decimal	
			Coord_YY	Georreferenciação da EstAm	N.º Decimal	

Tabela 47 - Tabela de derivação cod\_prom\_loc\_estam.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
			ID_Promotor	Identificador único da tabela PROMOTOR	N.º Inteiro	Não
			ID_Local	Identificador único da tabela LOCAL	N.º Inteiro	Não
	X		ID_ESTAM	Identificador único da tabela ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM	N.º Inteiro	Não

Tabela 48 - Tabela de derivação cod\_levantamento\_estam.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
			ID_Levantamento	Identificador único da tabela LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO	N.º Inteiro	Não
	X		ID_ESTAM	Identificador único da tabela ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM	N.º Inteiro	Não

Tabela 49 - Tabela da entidade amostra.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
X			ID_Amostra	Identificador único	N.º Inteiro	Não
			Cota_Colheita	Cota (metros) ao Z.H. de colheita da amostra	N.º Decimal	
			Densidade	valor do parâmetro registado na análise física à amostra sedimentar (gr/cm3)	N.º Decimal	
			%TOC	valor do parâmetro registado na análise física à amostra sedimentar (%)	N.º Decimal	
			%Sólidos Total	valor do parâmetro registado na análise física à amostra sedimentar (%)	N.º Decimal	
			%Areia	valor do parâmetro registado na análise física à amostra sedimentar (%)	N.º Decimal	
			%Silte	valor do parâmetro registado na análise física à amostra sedimentar (%)	N.º Decimal	
			%Argila	valor do parâmetro registado na análise física à amostra sedimentar (%)	N.º Decimal	
			Arsénio	Valor da concentração em mg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			Cádmio	Valor da concentração em mg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			Crómio	Valor da concentração em mg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			Cobre	Valor da concentração em mg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			Mercúrio	Valor da concentração em mg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			Chumbo	Valor da concentração em mg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			Níquel	Valor da concentração em mg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			Zinco	Valor da concentração em mg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			PCB	Valor da concentração em µg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			PAH	Valor da concentração em µg/kg registado na análise química à	N.º Decimal	

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
				amostra sedimentar		
			HCB	Valor da concentração em µg/kg registado na análise química à amostra sedimentar	N.º Decimal	
			Classe_Contaminação	Classificação obtida da aplicação de um diploma legislativo	N.º Inteiro	

Tabela 50 - Tabela de derivação cod\_estam\_amostra.

CP	CE	I	Atributo	Nome Estendido	Tipo de dados	NULL
			ID_ESTAM	Identificador único da tabela ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM	N.º Inteiro	Não
	X		ID_Amostra	Identificador único da tabela AMOSTRA	N.º Inteiro	Não

#### 5.4.1 TABELAS RESULTANTES DA MODELAÇÃO EAR

O resultado é um modelo constituído por tabelas em 3NF, que resultaram da modelação EAR e do processo de normalização e que se apresentam seguidamente de 1 a 17.

1. **PROMOTOR** (ID\_Promotor, Acrónimo\_Promotor, Nome\_Promotor);
2. **LOCAL** (ID\_Local, Nome\_Local);
3. **LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO** (ID\_Levantamento, Zona Portuária, Escala, Ano, Mês, Coord\_XX, Coord\_YY, nFicha\_Arquivo, Brigada, Responsável);
4. **SONDAGEM GEOLÓGICA** (ID\_SG, zona Portuária, nSG, Cota\_Inicial, Cota\_Final, Ensaio\_Total, Amostras\_Total, Coord\_XX, Coord\_YY, Responsável);
5. **ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM** (ID\_ESTAM, nESTAM, Data, Tipo\_Colheita, Coord\_XX, Coord\_YY);
6. **COD\_PROM\_LOC\_SG** (ID\_Promotor, ID\_Local, ID\_SG);
7. **COD\_PROM\_LOC\_LEV** (ID\_Promotor, ID\_Local, ID\_Levantamento);
8. **COD\_PROM\_LOC\_ESTAM** (ID\_Promotor, ID\_Local, ID\_ESTAM);
9. **COD\_LEVANTAMENTO\_SG** (ID\_Levantamento, ID\_SG);
10. **ENSAIO SPT** (ID\_SPT, Cota\_SPT, 1.ª Fase, 2.ª Fase, Litologia);
11. **COD\_SG\_SPT** (ID\_SG, ID\_SPT);
12. **AMOSTRA** (ID\_Amostra, Cota\_Colheita, Densidade, %TOC, %Sólidos Total, %Areia, %Silte, %Argila, Arsénio, Cádmio, Crómio, Cobre, Mercúrio, Chumbo, Níquel, Zinco, PCB, PAH, HCB, Classe\_Contaminação);
13. **COD\_ESTAM\_AMOSTRA** (ID\_ESTAM, ID\_Amostra);
14. **COD\_LEVANTAMENTO\_ESTAM** (ID\_Levantamento, ID\_ESTAM);
15. **LITOLOGIA** (ID\_Litologia, Nome\_Litologia);
16. **PROFUNDIDADE** (ID\_Profundidade, Prof\_Cota);
17. **COD\_SG\_PROF\_LITOLOGIA** (ID\_SG, ID\_Litologia, ID\_Profundidade);

Foi usado neste trabalho o motor de base de dados MS Access, também conhecido comercialmente por Microsoft® Jet SQL, para implementar o modelo físico da base de dados, conforme se descreve no Anexo 3, ponto 3.2.

#### 5.4.2 DIAGRAMA DE MODELAÇÃO EAR

As várias entidades e as suas relações, podem ser esquematizadas na Figura 40.

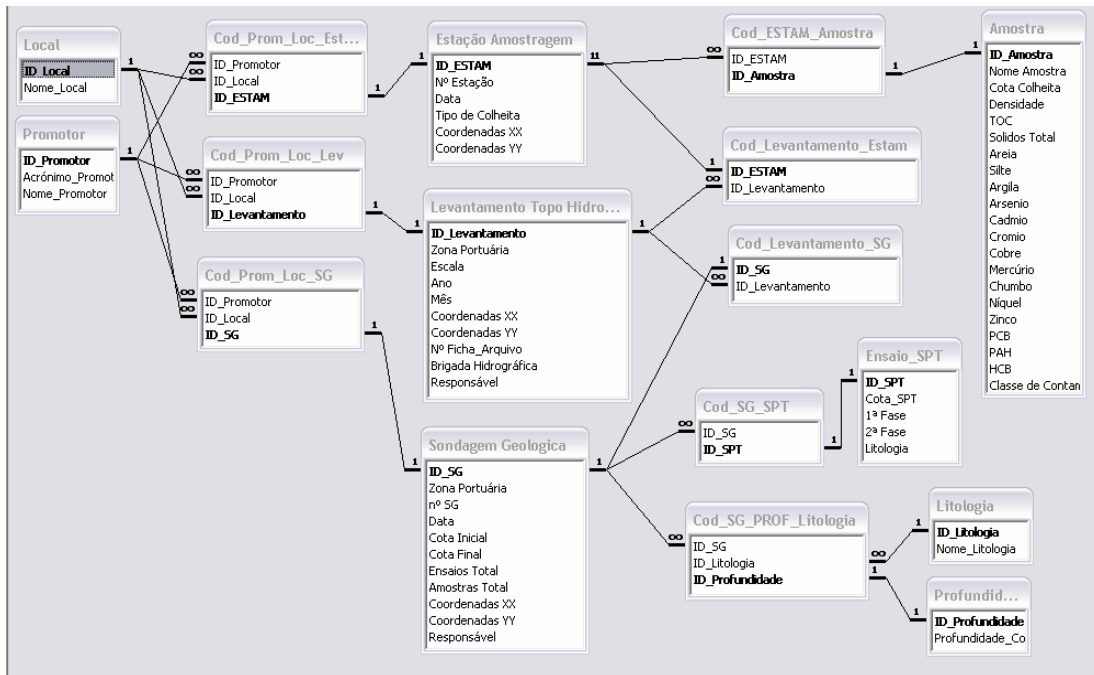


Figura 40. Diagrama Entidade – Atributo – Relação.

## **6. CASO DE ESTUDO - MODELO DE DADOS GEORREFERENCIADOS PARA A CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DRAGAGEM**

Pretende-se fazer uma classificação da informação geográfica obtida dos dados portuários relativos a operações de dragagem. Dificuldades em fases iniciais do processo relacionam-se com a dispersão da informação e diversidade de formatos dos dados relativos às operações de dragagem, existentes no IPTM.

Face à necessidade de integrar a informação geográfica com os modelos matemáticos que sustentam os modelos conceptuais da realidade, recorreu-se à utilização de um SIG, nomeadamente recorrendo à aplicação ArcGIS da ESRI.

A combinação da aplicação de modelos matemáticos na modelação da caracterização dos sedimentos dragados, com um SIG, providencia uma ferramenta de gestão, análise e processamento de informação, permitindo assim, o desenvolvimento das capacidades de simular a dispersão da concentração das substâncias químicas analisadas nos sedimentos portuários, de forma a serem definidas as características dos sedimentos dragados, bem como a sua qualidade ambiental, permitindo caracterizar a área de dragagem.

Para a implementação do caso de estudo foi seleccionada uma área portuária sob a jurisdição do IPTM, o porto de Vila do Conde, numa zona inserida no POE de Vila do Conde, correspondente à reabilitação da marginal e estacionamento de embarcações de recreio no Cais das Lavadeiras.

### **6.1 INFORMAÇÃO RELATIVA À ÁREA PORTUÁRIA DE VILA DO CONDE, NO ÂMBITO DAS OPERAÇÕES DE DRAGAGEM**

Pretendem definir-se as condições de execução das operações de dragagem destinadas à manutenção da actividade portuária, localizada em áreas de jurisdição do IPTM. Os projectos de dragagem realizados com base nas especificações técnicas definidas no Despacho n.º 7/SEAMP/2001 do Secretário de Estado da Administração Marítima e Portuária. Estão incluídas as medições de áreas de dragagem e volumes de materiais dragados, as campanhas de amostragem, a caracterização físico-química dos materiais a dragar, as especificações técnicas das operações de remoção dos produtos dragados e, das operações de eliminação desses materiais, como seja a imersão no mar, após a caracterização físico-química dos materiais a dragar e da avaliação da sua qualidade ambiental.

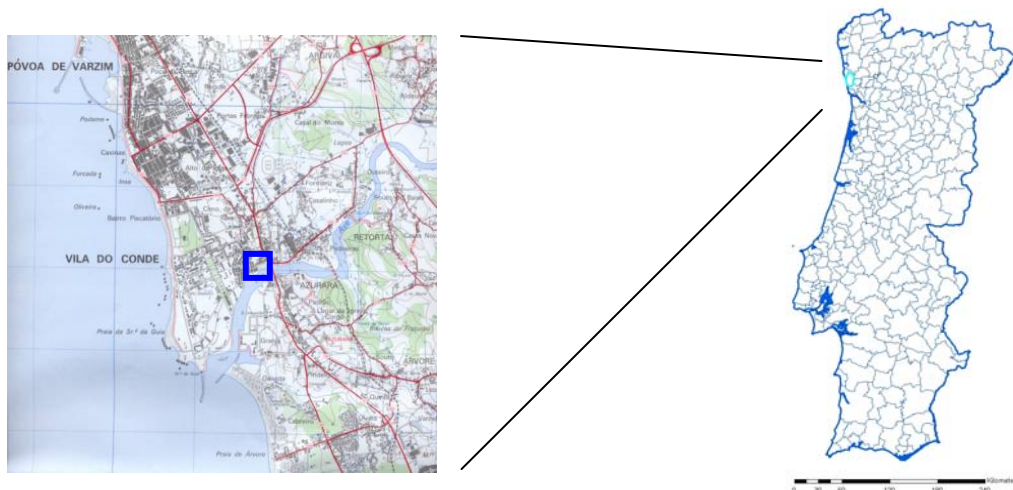


Figura 41. Localização da área de dragagem do caso de estudo, localizada no porto de Vila do Conde.



Figura 42. Vista aérea da cidade de Vila do Conde (adaptado de URL: [http://www.esec-jose-regio.rcts.pt/viladoconde/body\\_viladoconde.html](http://www.esec-jose-regio.rcts.pt/viladoconde/body_viladoconde.html))

## 6.2 AMOSTRAGEM DE MATERIAIS DRAGADOS

Alguns dos dados apresentados referem-se à concentração de substâncias químicas detectadas nos sedimentos portuários das áreas de estudo apresentadas no ponto 3 deste trabalho. Foram colhidos sedimentos superficiais e de profundidade a partir de um plano de amostragem definido em função do volume de sedimentos a dragar, como se especifica na Tabela 4 (ponto 3.2). O número de estações de amostragem escolhido não foi calculado com base em nenhum método estatístico, adoptando-se uma malha irregular com um número significativo de estações (de acordo com as especificações do DC), as quais foram distribuídas em função do assoreamento verificado pela análise do levantamento hidrográfico respectivo e, da cota de dragagem a atingir na área da operação de dragagem.

Neste trabalho a cota de dragagem considerada é de (-2,0 m) Z.H. e, apresenta-se a análise fisiográfica da área de dragagem no Cais da Lavandeiras, em Vila do Conde, no ponto 6.4.1. Ressalva-se que, neste trabalho, não foram respeitadas as cotas de dragagem definidas no projecto original, mas foi adoptada uma cota de dragagem igual para toda a área de dragagem considerada. Para efeitos de análise espacial, também não foram consideradas as amostras de sedimentos recolhidas em profundidade. Os resultados obtidos neste trabalho, não são assim coincidentes com os do projecto original do IPTM, pretendendo-se evitar equívocos de interpretação futura. Este caso de estudo, antes de mais, pretende apresentar a implementação de uma metodologia adequada para a caracterização de áreas de dragagem e gestão de materiais dragados.

Tabela 51 - Campanhas de amostragem realizadas no porto de Vila do Conde.

DESCRIÇÃO						
LOCAL (Designação do local geográfico)		DATA Campanha Amostragem	N.º Estações	TOTAL amostras	COTA colheita	Método amostragem
Vila do Conde	Cais das Lavandeiras (margem direita do rio Ave)	Agosto de 2003	4 + 10	4 + 10	Superfície e (2 m ) de Profundidade	Amostrador munido de dispositivo de sucção

As análises físico-químicas aos sedimentos dragados foram realizadas pelos laboratórios: IPIMAR (1.ª campanha de amostragem) e Clináqua-Laboratório de Análises de Águas, Lda. (2.ª campanha de amostragem). Os resultados das campanhas de amostragem aos materiais dragados são apresentados nas Tabela 52 e Tabela 53, tendo sido considerados na implementação do caso de estudo, os dados relativos à segunda campanha de amostragem.

### 6.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As características físicas dos sedimentos presentes nas áreas de dragagem em estudo são apresentadas na Tabela 52.

Tabela 52 - Características físicas dos sedimentos a dragar (A) e (B) na área de dragagem em estudo.

(A) – 1.ª campanha de amostragem.

Vila do Conde - Cais das Lavandeiras (margem direita do rio Ave)									
Est.Am.	% cascalho >2mm	% Areia				% Silte+Argila	% água	% sólidos	COT
		Grossa 1mm	Media 0,500mm	Fina 0,250mm	Muitofina 0,063mm				
E1	1,00	1,00	1,00	5,00	43,00	50,00	47,00	53,00	5,50
E2	47,00	11,00	11,00	9,00	8,00	15,00	30,00	70,00	5,00
E3	0,00	0,00	1,00	10,00	37,00	51,00	38,00	62,00	5,00
E4	1,00	2,00	1,00	4,00	41,00	51,00	45,00	55,00	5,50

(B) – 2.<sup>a</sup> campanha de amostragem

Vila do Conde - Cais das Lavadeiras (margem direita do rio Ave)									
Est.Am.	% cascalho >2mm	% Areia				% Silte+Argila	% água	% sólidos	COT
		Grossa 1mm	Media 0,500mm	Fina 0,250mm	Muitofina 0,063mm				
E5	0,60	1,00	1,40	13,50	30,40	53,20	38,00	62,00	5,00
E6	5,50	1,90	2,80	5,40	10,70	73,70	59,00	41,00	10,90
E7	54,30	11,60	7,90	5,30	6,50	14,50	20,00	80,00	4,50
E8	0,00	0,60	0,80	2,40	25,50	70,70	58,00	42,00	9,00
E9	0,00	1,60	1,00	1,90	21,60	74,00	60,00	40,00	11,50
E10	0,50	1,10	1,60	7,00	29,70	60,30	57,00	43,00	10,50
E11	0,00	1,20	1,10	2,30	27,00	68,50	64,00	36,00	11,90
E12	12,90	3,90	2,80	2,70	9,50	68,20	53,00	47,00	12,00
E13	0,00	0,90	0,60	1,30	12,60	84,70	63,00	37,00	10,50
E14	0,30	0,40	0,50	1,50	10,90	86,40	67,00	33,00	12,00

## 6.2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

As características físicas dos sedimentos presentes nas áreas de dragagem em estudo são apresentadas na Tabela 53.

Tabela 53 - Características químicas dos sedimentos a dragar na área de dragagem em estudo.

(A) – 1.<sup>a</sup> campanha de amostragem

Vila do Conde – Cais das Lavadeiras (margem direita do rio Ave)												
Est.Am	As	Cd	Pb	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	HCBs	PCBs	PAHs	Classe
E1	18	0,29	175	90	129	0,086	5,200	242	0,050	2,000	288877	5
E2	16	1,10	778	98	146	0,300	2,300	1454	0,060	8,300	74693	5
E3	31	0,450	142	118	14	0,160	6,200	412	0,240	2,100	8138	3
E4	23	0,20	203	105	116	0,200	1,300	261	0,200	2,500	4997	3

(B) – 2.<sup>a</sup> campanha de amostragem

Vila do Conde – Cais das Lavadeiras (margem direita do rio Ave)												
Est.Am	As	Cd	Pb	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	HCBs	PCBs	PAHs	Classe
E5	18	0,150	46	47	37	0,120	6,400	146			2013	3
E6	33	1,00	96	93	168	0,330	22,000	835			2082	3
E7	34	1,200	522	138	332	2,300	22,000	637			3877	4
E8	27	0,46	57	79	77	0,140	18,000	637			1158	3
E9	18	0,089	43	32	36	0,110	13,000	224	*	*	1512	2
E10	27	0,120	46	53	52	0,110	26,000	221			2993	3
E11	47	2,000	308	259	398	0,110	26,000	801			1534	4
E12	33	0,240	41	58	82	2,800	19,000	252			1207	3
E13	29	0,390	71	61	58	0,150	24,000	254			1479	2
E14	32	0,330	63	57	68	0,170	16,000	287			2282	3



\* - estas substâncias apresentaram concentrações abaixo dos limites de detecção. Assim, estas substâncias químicas foram definidas como sendo da Classe 1 e, portanto, sem contaminação. Para efeitos de caracterização das áreas de dragagem, não influenciam os resultados.

### **6.3 ANÁLISE ESPACIAL – TIPO DE DADOS E OPERAÇÕES**

Em seguida, são resumidos os principais tipos de dados e operações.

#### **6.3.1 DADOS VECTORIAIS**

Os dados de representação vectorial são obtidos dos levantamentos topo-hidrográficos, em formato CAD, produzidos pelas brigadas hidrográficas e geológicas do IPTM. Estes levantamentos incluem, a localização das sondagens geológicas e das áreas de dragagem com a localização das estações de amostragem (donde são recolhidas as amostras sedimentares para serem analisadas as características dos sedimentos dragados). Os dados vectoriais são ainda obtidos da digitalização e vectorização das cartas hidrográficas, produzidas pelo Instituto Hidrográfico.

Neste trabalho, os locais de amostragem de sedimentos são inicialmente implantados num levantamento hidrográfico, à escala 1/ 1000, e, as coordenadas (x,y,z) calculadas para cada ponto. Estas localizações entram num SIG, como um *layer* de pontos coordenados geograficamente no sistema Hayford-Gauss, Datum Lisboa e Datum altimétrico Marégrafo de Cascais. Estes pontos são usados como o input do processo de interpolação e, cada localização é assinada com um único código na sua tabela de atributos da entidade. Por sua vez, os seus atributos, entram como campos separados para cada registo efectuado. Esta informação associada é ligada ao ponto espacial correspondente através de um campo comum.

#### **6.3.2 DADOS RASTER**

Os dados de representação *raster* são obtidos da representação matricial (*grid*) de unidades de terreno, como ortofotomapas e, representam superfícies classificadas por apenas uma característica específica (altimetria, grau de contaminação, litologia, etc.). São geradas superfícies de interpolação dos valores dos parâmetros analisados nos sedimentos (classes de contaminação e valores de concentração das substâncias químicas), superfícies de classificação das amostras sedimentares e, superfícies de classificação de áreas de dragagem.

### 6.3.3 OPERAÇÕES

Nos fluxogramas da Figura 43 e Figura 45, esquematizam-se as etapas da implementação do caso de estudo ao longo deste capítulo. Nos Fluxogramas da Figura 40 e 42, esquematizam-se as operações a realizar em cada uma das etapas das simulações apresentadas.

Para a interpolação dos dados originais realizou-se a Simulação 1A – classes de contaminação e, a Simulação 2A – concentração das substâncias químicas analisadas, Figura 43.

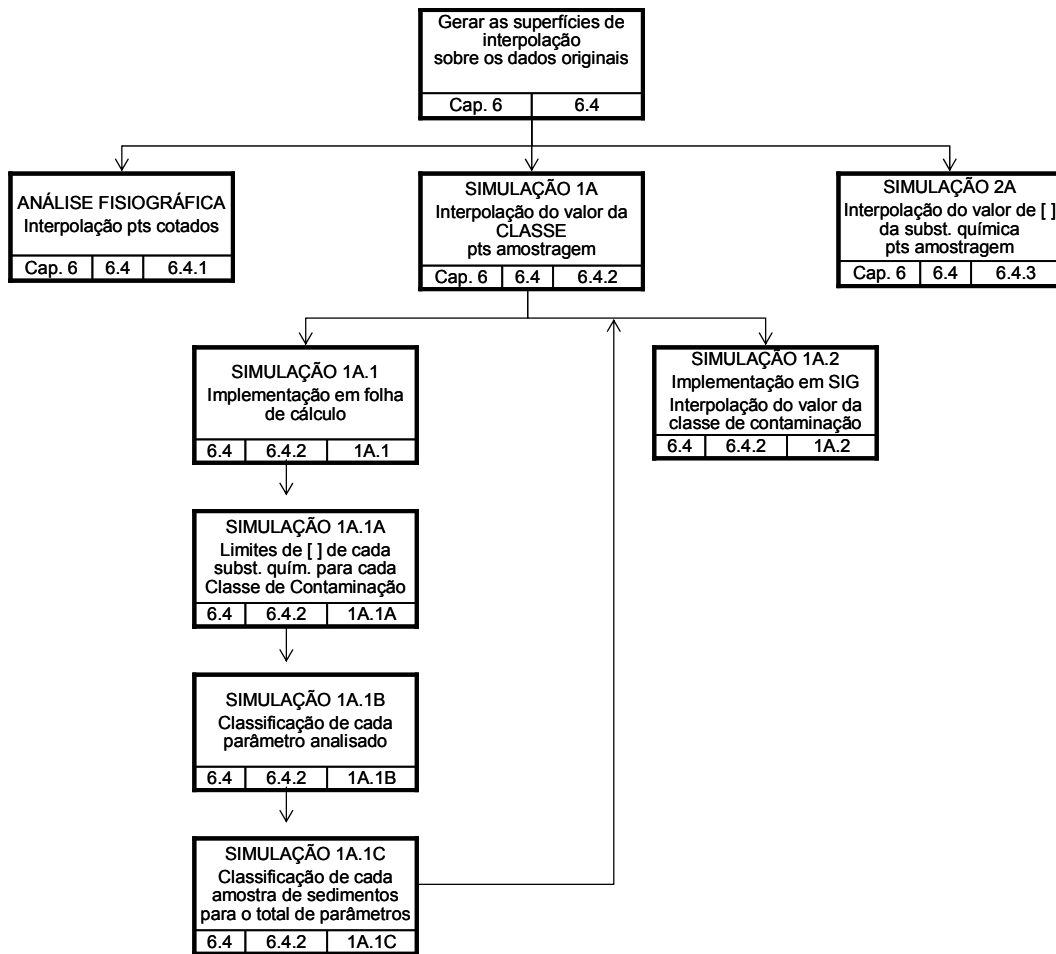


Figura 43. Fluxograma representativo da implementação do caso de estudo, Simulação 1A e 2A.

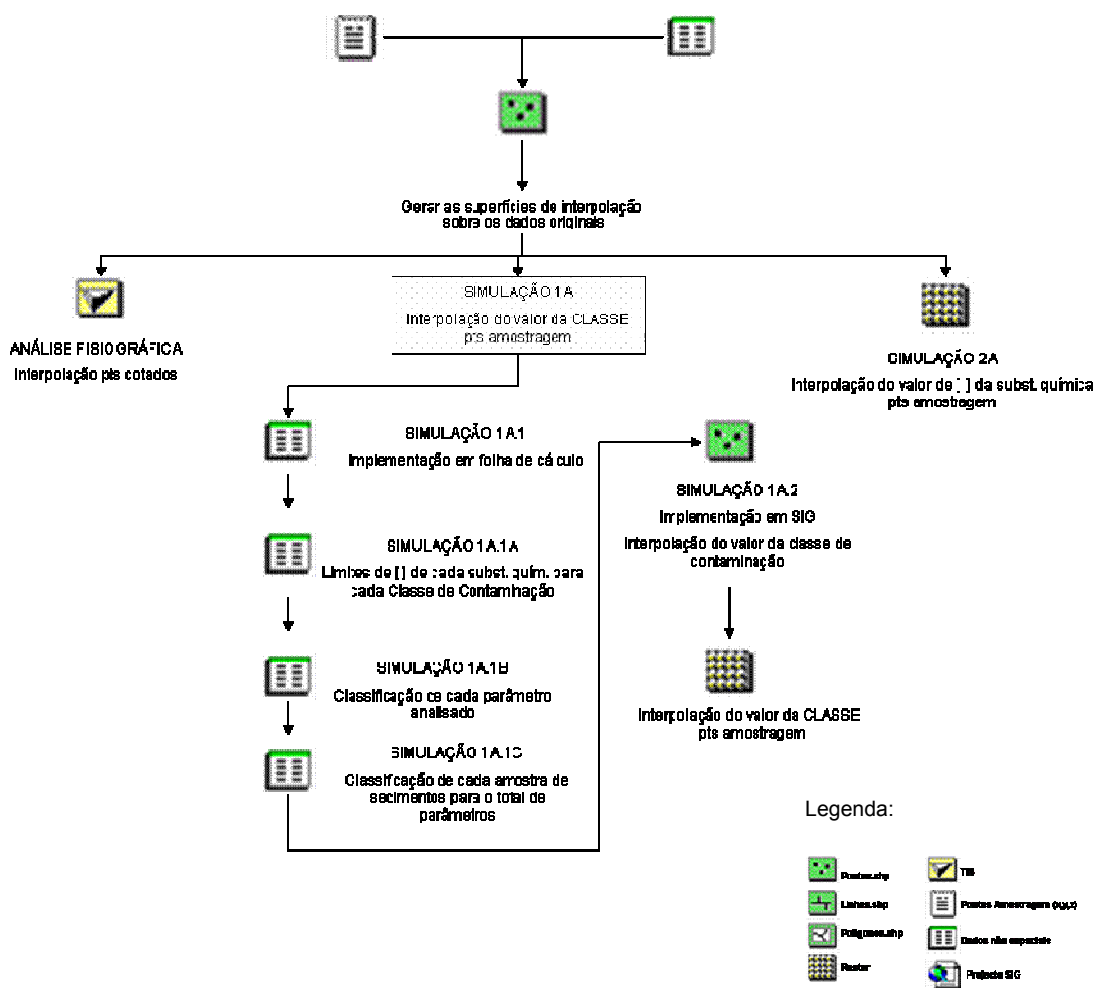


Figura 44. Fluxograma representativo das operações de análise espacial a realizar no caso de estudo, Simulação 1A e 2A.

Para a classificação das superfícies de interpolação e consequentemente das áreas de dragagem, realizou-se a Simulação 1B – classificação das classes de contaminação e, a Simulação 2B – classificação da concentração das substâncias químicas analisadas, Figura 45 e Figura 46.

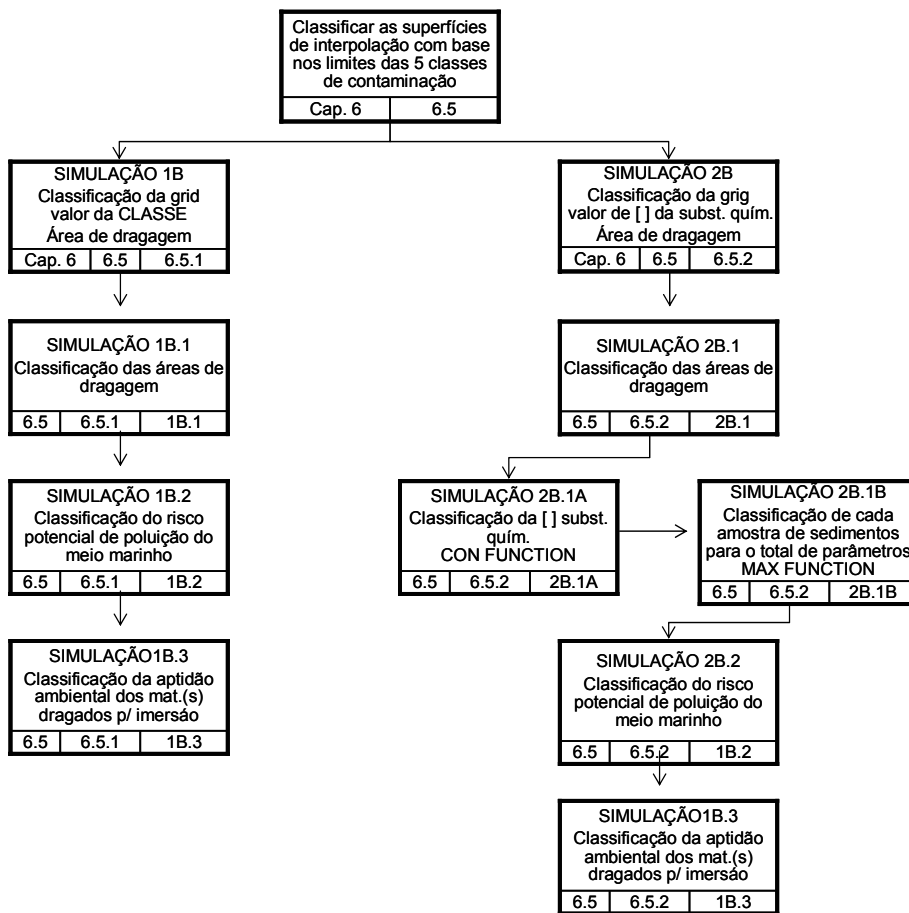


Figura 45. Fluxograma representativo da implementação do caso de estudo, Simulação 1B e 2B.

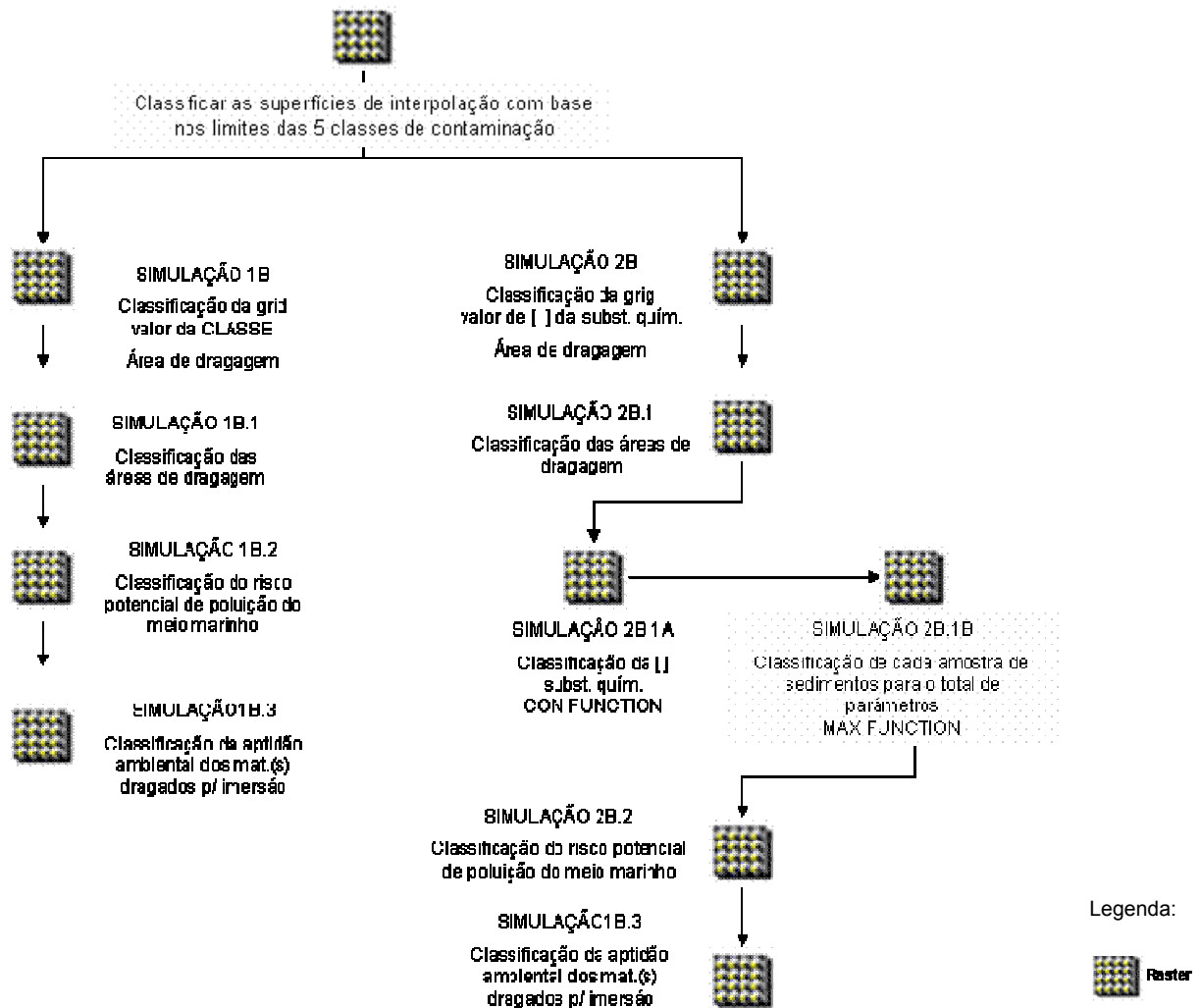


Figura 46. Fluxograma representativo das operações de análise espacial a realizar no caso de estudo, Simulação 1B e 2B.

#### 6.4 GERAR AS SUPERFÍCIES DE INTERPOLAÇÃO SOBRE OS DADOS ORIGINAIS

Uma estimação dos valores de concentração das substâncias químicas ou das classes de contaminação dos materiais dragados foi, assim efectuada, recorrendo à utilização dos modelos determinísticos: *IDW* e *Spline* e geoestatísticos: *Kriging*.

As superfícies de estimação dos valores da concentração das substâncias químicas e das classes de contaminação dos materiais dragados, geradas por cada um dos métodos de interpolação disponíveis no *Spatial Analyst*, ArcGIS 8.x-ESRI, apresentam-se no Anexo 5.

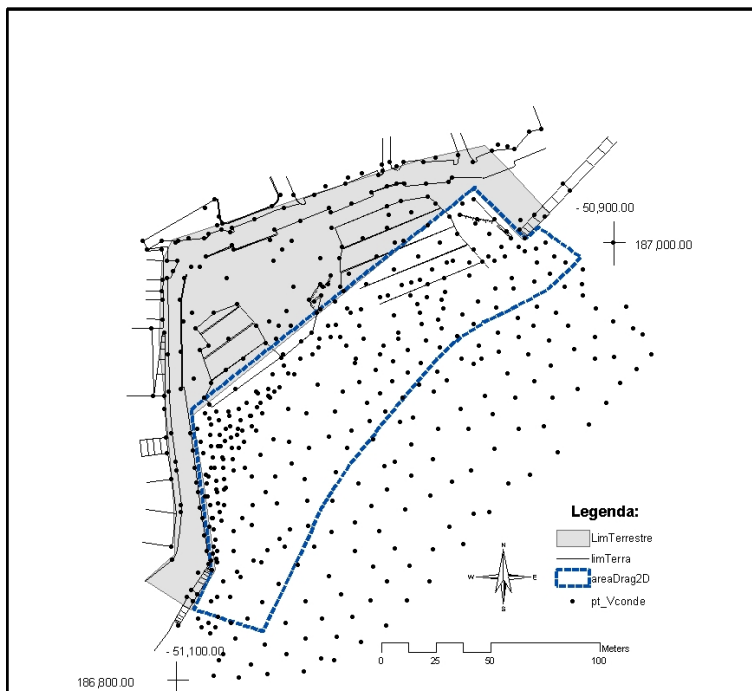
As superfícies apresentadas no Anexo 5 são relativas às simulações 1A e 2A, para a totalidade dos métodos utilizados para os parâmetros considerados. Foram seleccionadas as superfícies de interpolação com base nos critérios definidos para a sua eliminação e, que seguidamente se apresentam.

#### 6.4.1 ANÁLISE FISIAGRÁFICA

A análise topo-hidrográfica será efectuada com a construção de modelos digitais de terreno, nomeadamente recorrendo à construção de *TINs*, permitindo assim o cálculo de áreas de dragagem e volumes de materiais dragados, bem como, a construção de perfis transversais da área de dragagem.

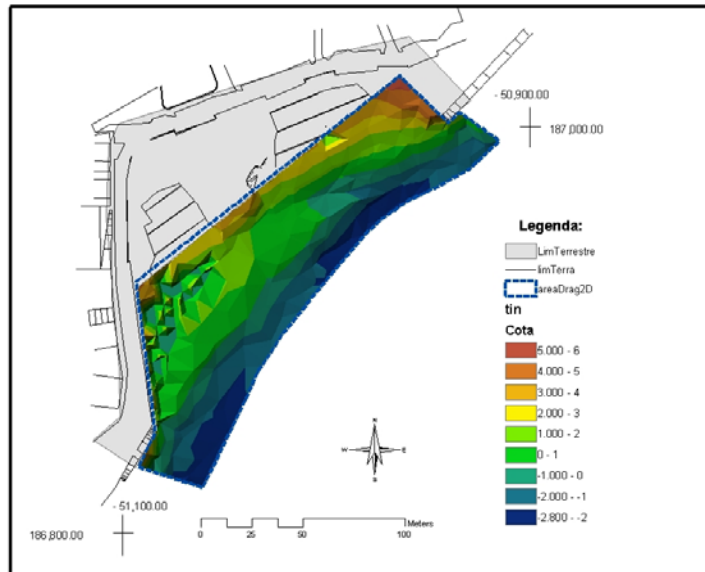
A fonte de informação utilizada neste trabalho, foi o levantamento topo-hidrográfico do Cais das Lavadeiras do porto de Vila do Conde, à escala 1:1 000, de Agosto de 2003. É utilizado o Sistema Hayford-Gauss, *Datum* Lisboa, com origem no ponto central e, *Datum* altimétrico Marégrafo de Cascais.

Na FIGURA 56, apresenta-se a superfície de modelação do terreno, na área de estudo, recorrendo ao método da rede irregular triangulada, *TIN*, permitindo a construção de um mapa representativo da hidrografia local (B) e que foi convertida para o formato de dados raster (C).

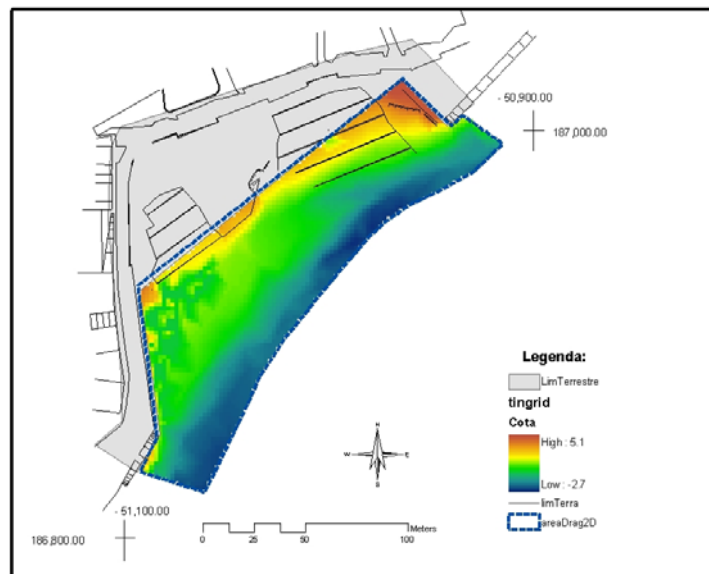


(A)

Figura 47. Superfície hidrográfica do Cais das Lavadeiras, no porto de Vila do Conde, gerada a partir dos pontos cotados (A) pela interpolação *TIN* (B) e, que foi convertida para o formato de dados raster (C).



(B)



(C)

A área de dragagem considerada tem cerca de 11 200 m<sup>2</sup>, sendo a cota de dragagem (-2,0 m) Z.H., estimou-se um volume inicial de materiais a dragar de cerca de 27 320 m<sup>3</sup>.

#### 6.4.2 SIMULAÇÃO 1A – INTERPOLAÇÃO DAS CLASSES DE CONTAMINAÇÃO

O modelo foi faseado em duas etapas distintas. Começou por ser implementado em papel e posteriormente foi transferido para o computador, para a folha de cálculo da aplicação

*Microsoft Excel* - simulação 1A.1, onde se procedeu ao geoprocessamento dos dados e aos cálculos necessários, como se define seguidamente em 1A.1A), 1A.1B) e 1A.1C).

Depois de efectuados os cálculos necessários para a classificação das amostras de sedimentos dragados, com base na classificação das substâncias químicas, realizada na simulação 1A.1. Essa informação não espacial é integrada com as entidades georreferenciadas recorrendo à utilização de um SIG e, procede-se à interpolação das classes de contaminação de cada amostra de sedimentos, em cada ponto de amostragem, realizada na simulação 1A.2), de forma a caracterizar as áreas de dragagem, nomeadamente, classificar o risco potencial de poluição do meio marinho e, aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.

Na especificação do modelo foram considerados os seguintes critérios:

1. A campanha de amostragem cumpre as especificações técnicas necessárias em trabalhos desta natureza;
2. Cumprimento do Despacho n.º 7/SEAMP/2001 do Secretário de Estado da Administração Marítima e Portuária;
3. As Classes de qualidade dos sedimentos são as determinadas no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho (Tabela 5);
4. O destino a dar aos materiais dragados é, então, encaminhado, pelo determinado no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho, conjugado com o D.L. 152/2003, de 23 de Maio.

#### **6.4.3 1A.1) SIMULAÇÃO DE ANÁLISE ESPACIAL EM FOLHA DE CÁLCULO (APLICAÇÃO EXCEL)**

A modelação foi feita com base nos dados das análises físico-químicas obtidas nas duas campanhas de amostragem, para a avaliação da qualidade ambiental dos materiais dragados. Na avaliação da qualidade ambiental dos sedimentos a dragar, foi definido um modelo inicial de classificação, com base no DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho, permitindo a classificação dos materiais em 5 classes de qualidade ambiental.

##### **6.4.3.1 1A.1A) LIMITES DOS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DE CADA SUBSTÂNCIA QUÍMICA EM CADA CLASSE DE CONTAMINAÇÃO**

Foram criadas 12 colunas: A a L, Tabela 54. Na coluna A designa-se a Classe de Contaminação, nas restantes colunas apresentam-se limites dos valores de concentração de cada parâmetro analisado (variáveis), admitido para cada classe de contaminação.



Tabela 54 - Valores dos limites inferiores das classes de contaminação, de acordo com o DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	CLASSE	Arsénio	Cádmio	Chumbo	Crómio	Cobre	Mercúrio	Níquel	Zinco	HCB	PCB (soma)	PAH (soma)
2	Classe 1	<20	<1	<50	<50	<35	<0,5	<30	<100	<0,5	<5	<300
3	Classe 2	20	1	50	50	35	0,5	30	100	0,5	5	300
4	classe 3	50	3	150	100	150	1,5	75	600	2	25	2000
5	classe 4	100	5	500	400	300	3	125	1500	10	100	6000
6	classe 5	500	10	1000	1000	500	10	250	5000	50	300	20000

Na Tabela 55 e Tabela 56, que simulam a folha de cálculo, apresenta-se uma forma de serem introduzidos os resultados das análises físico-químicas realizadas aos sedimentos do Cais das Lavadeiras em de Vila do Conde, de modo a serem efectuados todos os cálculos necessários à classificação dos parâmetros analisados e das amostras de sedimentos.

Tabela 55 - Resultados das análises físicas.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
7	REF		% Cascalho >2mm	% Areia				% Silte + Argila	% água	% sólidos	COT
8	ID	EST_AM		Grossa 1mm	Media 0,500mm	Fina 0,250mm	mtofina 0,063mm				
9	1	E5	0,60	1,00	1,40	13,50	30,40	53,20	38,00	62,00	5,00
10	2	E6	5,50	1,90	2,80	5,40	10,70	73,70	59,00	41,00	10,90
11	3	E7	54,30	11,60	7,90	5,30	6,50	14,50	20,00	80,00	4,50
12	4	E8	0,00	0,60	0,80	2,40	25,50	70,70	58,00	42,00	9,00
13	5	E9	0,00	1,60	1,00	1,90	21,60	74,00	60,00	40,00	11,50
14	6	E10	0,50	1,10	1,60	7,00	29,70	60,30	57,00	43,00	10,50
15	7	E11	0,00	1,20	1,10	2,30	27,00	68,50	64,00	36,00	11,90
16	8	E12	12,90	3,90	2,80	2,70	9,50	68,20	53,00	47,00	12,00
17	9	E13	0,00	0,90	0,60	1,30	12,60	84,70	63,00	37,00	10,50
18	10	E14	0,30	0,40	0,50	1,50	10,90	86,40	67,00	33,00	12,00

Para simplificação do modelo, vamos apenas tratar dos parâmetros químicos, uma vez que são eles que permitem a avaliação da qualidade ambiental dos materiais dragados. Em função da sua qualidade, será determinada a forma de eliminação e o destino a dar a esses materiais.

Como se observa na Tabela 56, foram criadas 13 colunas: A a M. Na coluna A e B designam-se os identificadores de cada estação de amostragem e, nas restantes colunas apresentam-se os valores de concentração de cada substância química analisada nos sedimentos.

Tabela 56 - Valores dos parâmetros químicos (metais e compostos orgânicos) analisados nos sedimentos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
19	ID	EST_AM	As	Cd	Pb	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	HCBs	PCBs	PAHs
20	1	E5	18	0,15	46	47	37	0,12	6,4	146			2013
21	2	E6	33	1,0	96	93	168	0,33	22	835			2082
22	3	E7	34	1,2	522	138	332	2,3	22	637			3877
23	4	E8	27	0,46	57	79	77	0,14	18	637			1158
24	5	E9	18	0,089	43	32	36	0,11	13	224			1512
25	6	E10	27	0,12	46	53	52	0,11	26	221			2993
26	7	E11	47	2,0	308	259	398	0,11	26	801			1534
27	8	E12	33	0,24	41	58	82	2,8	19	252			1207
28	9	E13	29	0,39	71	61	58	0,15	24	254			1479
29	10	E14	32	0,33	63	57	68	0,17	16	287			2282

#### 6.4.3.2 1A.1B) CLASSIFICAÇÃO DE CADA PARÂMETRO ANALISADO

A partir dos dados iniciais, Tabela 56, vamos classificar cada parâmetro analisado, em cada amostra sedimentar, com base nos limites das classes de contaminação, Tabela 54. A função que classifica cada parâmetro de cada amostra é dada por **CLASSE**, função que compara o valor de cada célula da Tabela 56 com os limites das classes de contaminação da Tabela 54, devolvendo o valor da classe de cada parâmetro analisado.

Esta classificação é apresentada no Anexo 5, Simulação 1A - interpolação das classes de contaminação, 1A.1) - análise espacial em folha de cálculo (aplicação excel), 1A.1A) - limites dos valores de concentração de cada substância química em cada classe de contaminação [1].

Posteriormente, classificam-se as amostras sedimentares em função da maior classe de contaminação identificada em pelo menos um dos parâmetros caracterizados na totalidade das 11 substâncias químicas analisadas.

#### 6.4.3.3 1A.1C) CLASSIFICAÇÃO DE CADA AMOSTRA DE SEDIMENTOS PARA O TOTAL DOS PARÂMETROS CLASSIFICADOS

A partir dos dados da classificação de cada parâmetro, classificam-se as amostras sedimentares em função da maior classe de contaminação identificada em pelo menos um dos parâmetros caracterizados em cada amostra.

A função, que classifica cada amostra pela maior classe de contaminação, é dada por **CLASSE**, que devolve o maior valor de classe encontrado para a totalidade dos parâmetros classificados numa amostra (11 parâmetros analisados por amostra sedimentar).

Esta classificação é apresentada no Anexo 5, Simulação 1A - interpolação das classes de contaminação, 1A.1) - análise espacial em folha de cálculo (aplicação excel), 1A.1C) - limites dos valores de concentração de cada substância química em cada classe de contaminação [2].

Seguidamente ligam-se estes dados ao *layer* com a georreferenciação das estações de amostragem e, procede-se à interpolação das superfícies representativas do grau de contaminação de cada substância, observando-se a sua variação espacial. Neste modelo os operadores de interpolação vão gerar superfícies com base nos valores da classificação realizada na aplicação *Excel*.

#### **6.4.4 1A.2) SIMULAÇÃO DE ANÁLISE ESPACIAL EM AMBIENTE SIG - INTERPOLAÇÃO DOS VALORES DAS CLASSES DE CONTAMINAÇÃO PARA A CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS DE DRAGAGEM**

O modelo foi, em seguida, implementado em ambiente SIG, Simulação 1A.2), onde a informação não espacial é integrada com as entidades georreferenciadas e, onde se procedeu ao geoprocessamento dos dados e à interpolação das classes de contaminação, obtidas pela Simulação 1A.1). Procede-se à interpolação das classes de contaminação de cada amostra de sedimentos, colhida em cada ponto de amostragem, de forma a caracterizar as áreas de dragagem.

Com base nos resultados da classificação das amostras de sedimentos dragados (pela análise das substâncias químicas neles contidas) em cinco classes de contaminação, obtida do modelo desenvolvido em folha de cálculo, na aplicação *Excel* (simulação 1A.1), foi, conseqüentemente, gerada a superfície de interpolação, representativa da variação espacial das classes de contaminação dos sedimentos dragados nas áreas de dragagem, e, que se apresenta no Anexo 5, Simulação 1A - interpolação das classes de contaminação, 1A.2) - simulação de análise espacial em ambiente SIG.

Foram realizadas operações de análise espacial como a determinação das áreas de alocação de cada ponto de amostragem, e, atribuído a cada polígono o valor da classe de contaminação, constituindo uma análise expedita na definição de polígonos de influência.

Na modelação da variabilidade espacial do grau de contaminação das substâncias químicas foram, então, usados três outros métodos de interpolação, disponíveis na aplicação *Spatial Analyst*, de forma a serem geradas as superfícies de estimação dos parâmetros analisados.

#### **6.4.5 SIMULAÇÃO 2A – INTERPOLAÇÃO DOS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS ANALISADAS (DADOS EM BRUTO), EM AMBIENTE SIG**

Pretende-se em seguida, avaliar a distribuição espacial da concentração das substâncias químicas analisadas nos sedimentos portuários, recorrendo à utilização de métodos de interpolação disponíveis em ambiente SIG, a partir dos dados originais, tendo sido utilizados os interpoladores: *IDW*, *Spline* e *Kriging*.

Com base na interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas presentes nas amostras de sedimentos dragados (simulação 2A), foram, conseqüentemente, geradas as superfícies representativas da variação espacial da concentração de cada substância química nas áreas de dragagem. Neste caso, geram-se tantas superfícies de estimação quantos os parâmetros analisados (11 parâmetros), relativas a cada substância química analisada, pelos diversos métodos de estimação apresentados.

Esta simulação é apresentada no Anexo 5, Simulação 2A - interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas (dados em bruto), em ambiente SIG (9 substâncias químicas).

#### **6.5 CLASSIFICAR AS SUPERFÍCIES DE INTERPOLAÇÃO COM BASE NOS LIMITES DAS 5 CLASSES DE CONTAMINAÇÃO – ANÁLISE ESPACIAL EM SIG**

Através de uma metodologia SIG, são classificados os valores estimados da superfície de interpolação, de forma a caracterizar as áreas de dragagem.

Foram realizadas duas simulações de classificação de superfícies:

- Simulação 1B – classificação da superfície de interpolação dos valores estimados de classes de contaminação;
- Simulação 2B - classificação da superfície de interpolação dos valores estimados de concentração das substâncias químicas analisadas.

Estas simulações permitem a:

- 1)** Classificação dos valores estimados e, assim, classificar as áreas de dragagem em classes de contaminação;
- 2)** Classificação das áreas de dragagem no seu risco potencial de poluição do meio marinho;
- 3)** Classificação das áreas de dragagem quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.

### 6.5.1 SIMULAÇÃO 1B - CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES ESTIMADOS DE CLASSES DE CONTAMINAÇÃO

**1B.1)** Neste caso, a classificação da superfície gerada pela interpolação das classes de contaminação dos sedimentos dragados (valores inteiros), obtidas durante simulação 2A (em folha de cálculo), ver ponto 6.4.3.1, é realizada com base nos limites das classes apresentadas na Tabela 12 (ver ponto 3.7.1), para as cinco classes de qualidade ambiental definidas na Tabela 6 (ver ponto 3.2.2). É gerada uma superfície classificada em cinco classes de contaminação, designada por CLASSES DE CONTAMINAÇÃO da área de dragagem.

Recorrendo a uma simbologia adequada, a superfície pode ser classificada num número definido de classes de intervalos iguais, ajustadas para os valores da superfície de interpolação. Pode, também, ser realizada uma operação de RECLASSIFICAÇÃO dos valores da superfície de interpolação, sendo classificados em cinco classes de contaminação (1, 2, 3, 4 e 5) e, assinado o valor inteiro da respectiva classe Tabela 57.

Tabela 57 - Valores a assinar em cada classe de valores.

CLASSES	INTERVALO	VALOR ASSINAR
CLASSE 1	[0 – 1,5[	1
CLASSE 2	[1,5 – 2,5[	2
CLASSE 3	[2,5 – 3,5[	3
CLASSE 4	[3,5 – 4,5[	4
CLASSE 5	>= 4,5	5

Esta simulação é apresentada no Anexo 5, Simulação 2B - interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas (dados em bruto), em ambiente SIG (9 substâncias químicas), 2B.1) - classificação das áreas de dragagem – CLASSE.

**1B.2)** Neste caso, na classificação das áreas de dragagem quanto ao seu risco potencial de poluição do meio marinho, iguala-se o Risco potencial à Classe de contaminação, Tabela 58, ponto 3.4.3.1, determinada em a), ponto 6.4.3.1.

Recorrendo a uma simbologia adequada, a superfície pode ser classificada em cinco níveis de risco.

Pode, também, ser realizada uma operação de RECLASSIFICAÇÃO, onde os valores da *grid* são classificados em cinco níveis de risco potencial de poluição do meio marinho, sendo assinado o valor inteiro da classe de contaminação (a *grid* de RISCOS é igual à *grid* da CLASSES DE CONTAMINAÇÃO), Tabela 58.

Tabela 58 - Valor a assinar em cada classe de risco.

CLASSES	RISCO	VALOR ASSINAR
CLASSE 1	RISCO 1	1
CLASSE 2	RISCO 2	2
CLASSE 3	RISCO 3	3
CLASSE 4	RISCO 4	4
CLASSE 5	RISCO 5	5

Esta simulação é apresentada no Anexo 5, Simulação 1B - interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas (dados em bruto), em ambiente SIG (9 substâncias químicas), 1B.2) - classificação do risco potencial de poluição do meio marinho das áreas de dragagem.

**1B.3)** Neste caso, a classificação das áreas de dragagem quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, são definidas com base nas restrições ambientais de cada classe de contaminação.

Recorrendo a uma simbologia adequada, a superfície pode ser classificada num número definido de classes de intervalos iguais, ajustadas para classes de contaminação da área de dragagem.

No entanto, é realizada uma operação de RECLASSIFICAÇÃO, onde os valores da *grid* são classificados em dois níveis de aptidão ambiental, sendo assinado o valor inteiro 1 caso exista aptidão ambiental e, assinado o valor inteiro 0, caso não exista aptidão ambiental, Tabela 59.

Tabela 59 - Valor a assinar para a aptidão ambiental.

CLASSES	APTIDÃO AMBIENTAL	VALOR ASSINAR
CLASSE 1	COM	1
CLASSE 2	COM	1
CLASSE 3	COM	1
CLASSE 4	SEM	0
CLASSE 5	SEM	0

Esta simulação é apresentada no Anexo 5, Simulação 1B - interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas (dados em bruto), em ambiente SIG (9 substâncias químicas), 1B.3) - classificação da aptidão ambiental das áreas de dragagem.

## **6.5.2 SIMULAÇÃO 2B - CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES ESTIMADOS DE CONCENTRAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS ANALISADAS**

**2B.1)** Neste caso, os valores estimados são classificados em classes de contaminação, simulação 2B.1.

Para classificar os valores estimados e, assim, classificar as áreas de dragagem em classes de contaminação, é necessário classificar cada uma das onze superfícies de interpolação (neste trabalho 9 superfícies) relativas a cada substância química analisada (2B.1A) e, posteriormente classificar as amostras sedimentares na totalidade das substâncias químicas analisadas (2B.1B).

**2B.1A)** Na classificação da superfície gerada pela interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas, é utilizada a álgebra de mapas, que permite a classificação daquela superfície quanto à sua qualidade ambiental, recorrendo para o efeito, aos limites de classificação ambiental dos dragados, definidos na legislação em vigor (ver ponto 3.2.1).

Com base nos intervalos definidos para cada classe de contaminação dos materiais dragados, classificam-se os valores das concentrações de cada parâmetro interpolado, gerando superfícies de classificação da contaminação na área de estudo para cada parâmetro analisado. São geradas onze superfícies (parâmetros químicos) cujos valores variam entre 1 e 5 (valores de cada uma das 5 classes) para cada um dos parâmetros. É utilizada a função algébrica disponibilizada no *Raster Calculator* do *Spatial Analyst*, usada em álgebra de mapas, *CON FUNCTION*, ver ponto 3.7.2, simulação 2B.1A.

Esta simulação é apresentada no Anexo 5, Simulação 2B - classificação dos valores estimados de concentração das substâncias químicas analisadas, 2B.1) - classificação das áreas de dragagem – classe, 2B.1A - Classificação das superfícies relativas à variação espacial da concentração das substâncias químicas, *CON FUNCTION*.

**2B.1B)** Na classificação das amostras sedimentares com base na totalidade das superfícies de interpolação classificadas de cada parâmetro interpolado, recorre-se à utilização da álgebra de mapas para essa classificação. No presente trabalho, define-se que uma amostra sedimentar é classificada pelo maior valor de classificação verificada nos onze parâmetros químicos classificados. É gerada uma superfície cujos valores também variam entre 1 e 5 (valores de cada uma das 5 áreas de risco), mas neste caso para a totalidade dos parâmetros conjugados, classificando-se a totalidade da amostra. É utilizada uma função algébrica disponibilizada no *Raster Calculator* do *Spatial Analyst*, usada em álgebra de mapas, *MAX FUNCTION*, ver ponto 3.7.2, simulação 2B.1B.

Esta simulação é apresentada no Anexo 5, Simulação 2B - classificação dos valores estimados de concentração das substâncias químicas analisadas, 2B.1) - classificação das áreas de dragagem – classe, 2B.1B - classificação das amostras sedimentares com base na totalidade das superfícies de interpolação classificadas de cada parâmetro interpolado, *MAX FUNCTION*.

**2B.2)** Na classificação das áreas de dragagem quanto ao seu risco potencial de poluição do meio marinho, igualou-se o Risco potencial à Classe de contaminação determinada em a). As áreas de risco potencial de contaminação do meio marinho são obtidas da classificação das áreas de dragagem nas diferentes classes de contaminação. Cada classe de contaminação, define um risco diferente do potencial de contaminação, assim, quanto maior a classe de contaminação, tanto maior o risco potencial de contaminação ambiental. É gerada uma superfície cujos valores também variam entre 1 e 5 (valores de cada uma das 5 áreas de risco), que correspondem aos diferentes níveis de risco de potencial contaminação, Tabela 9 ver ponto 3.5.

Esta simulação é apresentada no Anexo 5, Simulação 2B - classificação dos valores estimados de concentração das substâncias químicas analisadas, 2B.1) - classificação das áreas de dragagem – classe, 2B.2 - classificação do risco potencial de poluição do meio marinho das áreas de dragagem.

**2B.3)** Na classificação das áreas de dragagem quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, recorre-se à utilização da álgebra de mapas para a classificação da aptidão ambiental da área de estudo mediante restrições ambientais definidas na legislação em vigor, neste caso a autorização ou proibição da imersão no mar dos materiais dragados. É gerada uma superfície cujos valores variam entre 0 e 1 (0=proibição; 1=autorização), neste caso classifica-se a área de dragagem em função das restrições ambientais apresentadas, existindo duas possibilidades, designadamente, ter ou não ter restrição ambiental, Tabela 9 (ver ponto 3.5), em função da classe de contaminação que apresenta.

Esta simulação é apresentada no Anexo 5, Simulação 2B - classificação dos valores estimados de concentração das substâncias químicas analisadas, 2B.1) - classificação das áreas de dragagem, 2B.3 - classificação da aptidão ambiental das áreas de dragagem.

## **6.6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Foram aplicados os métodos de interpolação: *IDW*, *Spline* e *Kriging*, em duas simulações de análise espacial. Uma das simulações sobre dados classificados (Simulação 1A), relativos



às classes de contaminação das amostras de sedimentos, e, outra das simulações sobre dados em bruto (Simulação 2A), relativos à concentração das substâncias químicas analisadas.

Na comparação dos vários métodos de interpolação utilizados na geração das superfícies de estimação das classes de contaminação dos sedimentos dragados, (Simulação 1A) e dos valores da concentração das substâncias químicas analisadas (Simulação 2A), apresentadas no Anexo 5, optou-se por fazer uma análise simplificada, mas de acordo com o objectivo principal deste trabalho, que se resume como um estudo de prevenção da poluição do meio marinho, no âmbito das operações de dragagem. Assim, foram seleccionadas e utilizadas as superfícies relativas à Aptidão Ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, que são as superfícies resultantes das simulações de classificação consideradas, Simulação 1B e Simulação 2B, realizada sobre as superfícies de estimação obtidas.

As figuras 48 a 55 mostram os resultados obtidos pela aplicação dos vários métodos de interpolação disponíveis no *Spatial Analyst*, para a classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, resultantes da Simulação 1B.

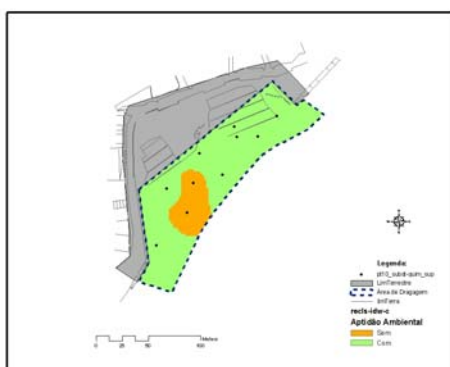


Figura 48. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimação gerada pelo interpolador IDW.

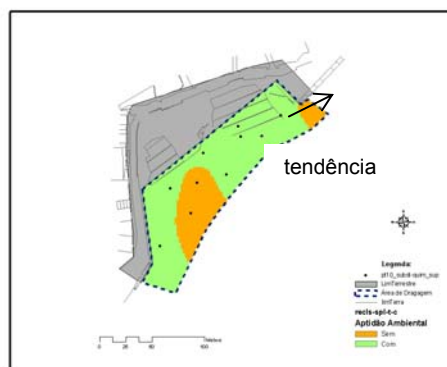


Figura 49. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimação gerada pelo interpolador *Spline-T*.

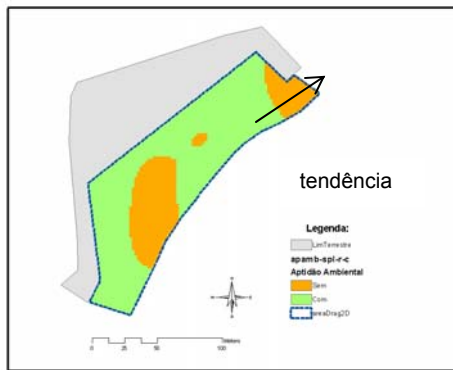


Figura 50. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador *Spline-R*.



Figura 51. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador *KRIG-OS*.

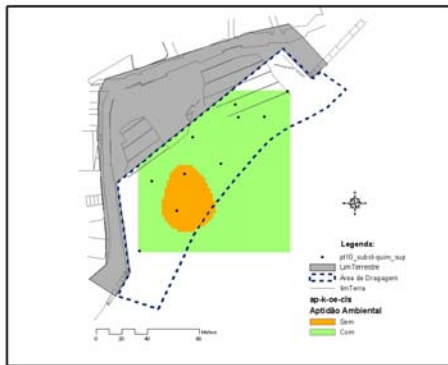


Figura 52. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificacão da superfície de estimacão gerada pelo interpolador *KRIG-OE*.

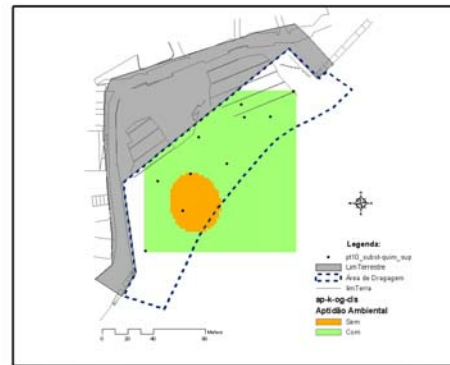


Figura 53. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificacão da superfície de estimacão gerada pelo interpolador *KRIG-OG*.

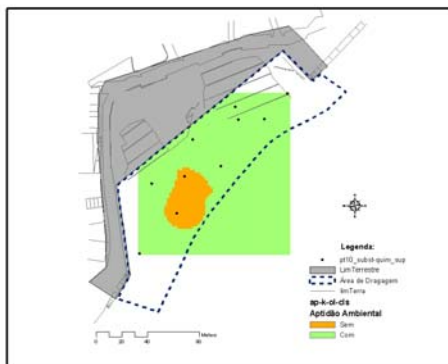


Figura 54. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificacão da superfície de estimacão gerada pelo interpolador *KRIG-OL*.



Figura 55. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificacão da superfície de estimacão gerada pelo interpolador *KRIG-UL*.

Da análise dos mapas produzidos, figuras 48 a 55, observa-se que existem zonas distintas, na área de dragagem, quanto ao grau de contaminação e, quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.

Os cálculos apresentados na Tabela 60 e Tabela 61, foram realizados sobre as superfícies classificadas quanto à aptidão ambiental e, são relativos aos volumes de materiais dragados com aptidão ambiental (a verde no mapa) e sem aptidão ambiental (a laranja no mapa), às áreas de dragagem correspondentes àqueles volumes e, a área de dragagem sem dados (a branco no mapa, dentro do limite a tracejado). Aquelas superfícies resultam da classificação das superfícies de estimacção, obtidas pela aplicacção dos vários métodos de interpolacção enunciados, durante a implementacção de cada uma das simulacções (simulacção 1B e simulacção 2B).

As áreas de dragagem *No Data*, nomeadamente as geradas pela aplicacção do método de interpolacção *Kriging*, foram calculadas como se esquematiza no fluxograma da FIGURA 54.

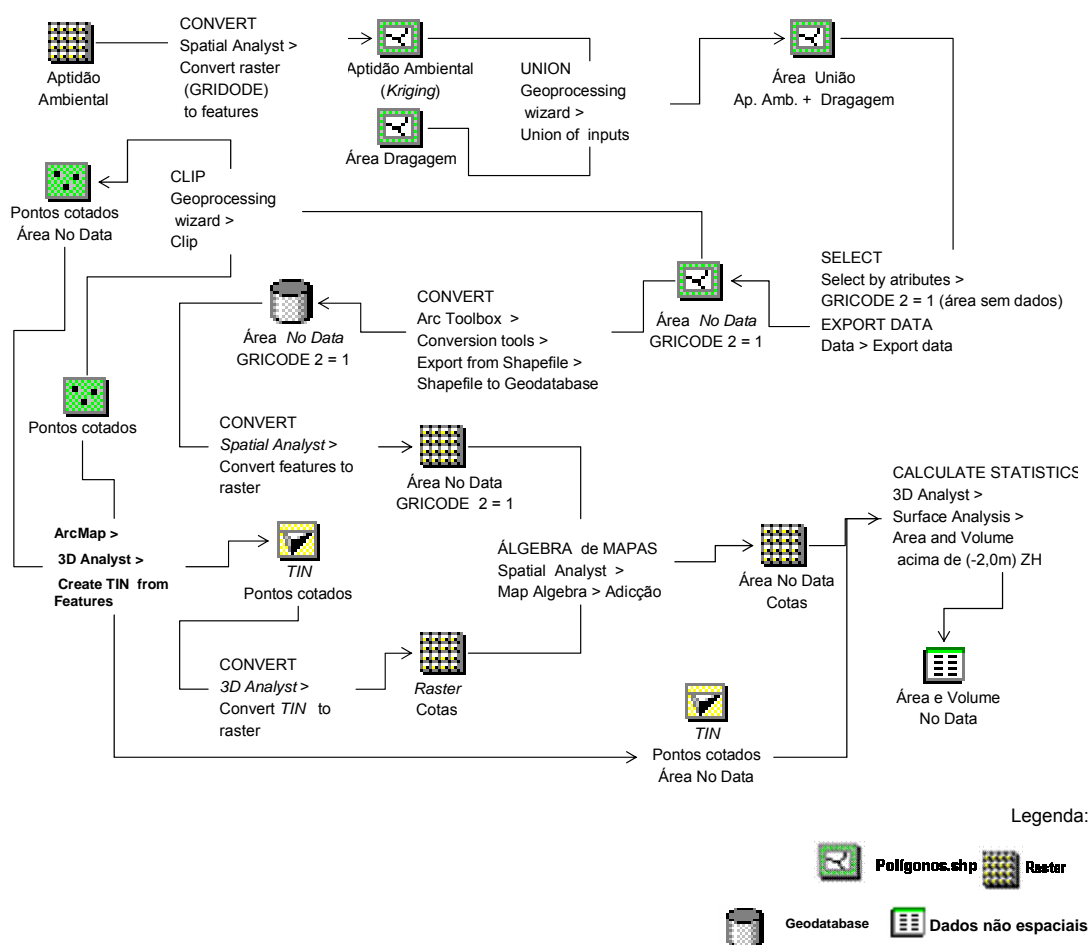


Figura 56. Fluxograma representativo das operações a realizar para determinar a área e volume *No Data*, em modelo de dados vectorial e raster.

Para as superfícies geradas pelo método de interpolação *kriging*, foi efectuada uma operação de CORTE (*CLIP*) de forma a excluir a área fora do limite de dragagem.

Assim, esquematiza-se na Figura 57 as operações de análise espacial a realizar de forma a ser obtida a área contida no limite de dragagem considerado, bem como, o volume de materiais dragados com e sem aptidão ambiental para a imersão no mar, em modelo de dados vectorial e raster.

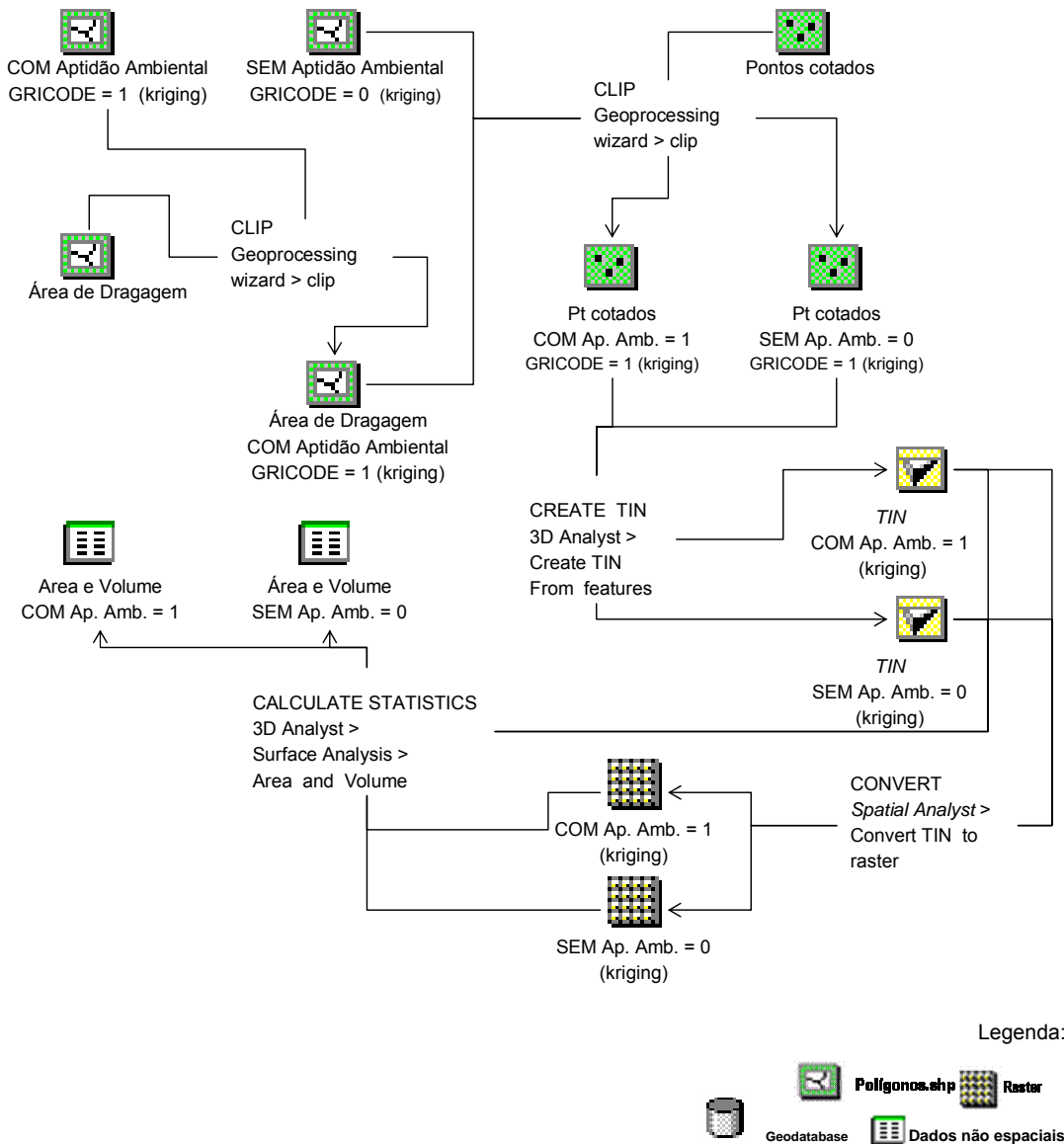


Figura 57. Fluxograma das operações de análise espacial a realizar para obter a área contida no limite de dragagem considerado e o volume de materiais dragados correspondente, em modelo de dados vectorial e raster e vectorial.

Tabela 60 - Áreas de dragagem e volumes de materiais dragados, com e sem aptidão ambiental, calculados através de álgebra de mapas (modelo raster), a partir da interpolação dos valores das classes de contaminação.

Método de interpolação	Área-2D de dragagem (m <sup>2</sup> )	Área-2D de aptidão ambiental (m <sup>2</sup> )	Área Superfície de dragagem (m <sup>2</sup> )	Volumec/ aptidão ambiental (m <sup>3</sup> )	Área-2Ds/ aptidão ambiental (m <sup>2</sup> )	Área Superfície de dragagem (m <sup>2</sup> )	Volumes/ aptidão ambiental (m <sup>3</sup> )	Área2D No Data (m <sup>2</sup> )	Volumeno Data (m <sup>3</sup> )	Áreatotal2D (m <sup>2</sup> )	Volumetotal (m <sup>3</sup> )
IDW		9,624.00	9,805.64	28,407.66	1,569.43	1,577.22	2,996.68	0.00	0.00	11,193.43	31,404.34
SPLINE-T		7,677.03	7,845.08	20,150.41	2,439.28	2,455.80	4,145.85	0.00	0.00	10,116.31	24,296.26
SPLINE-R		7,101.09	7,256.17	18,092.62	2,863.28	2,892.01	5,780.27	0.00	0.00	9,964.37	23,872.89
KRIG-OS	10,600.00	5,884.00	5,952.40	17,118.36	1,380.00	1,387.06	2,320.74	3,152.00	8,500.00	10,416.00	27,939.10
KRIG-OE		5,884.00	5,952.40	17,118.36	1,380.00	1,387.06	2,320.74				
KRIG-OG		6,104.00	6,173.30	17,896.52	1,192.00	1,198.38	1,829.46				
KRIG-OL		6,160.00	6,229.36	17,839.25	1,064.00	1,070.24	1,775.95				
KRIG-UL		6,780.00	6,851.91	19,915.37	622.87	627.27	807.99				

Tabela 61 - Áreas de dragagem e volumes de materiais dragados, com e sem aptidão ambiental, calculados em modelo de dados vectorial, a partir da interpolação dos valores das classes de contaminação.

Método de interpolação	Área-2D de dragagem (m <sup>2</sup> )	Área-2D c/ aptidão ambiental (m <sup>2</sup> )	Volumec/ aptidão ambiental (m <sup>3</sup> )	Área-2D s/ aptidão ambiental (m <sup>2</sup> )	Volumes/ aptidão ambiental (m <sup>3</sup> )	Área 2D NoData (m <sup>2</sup> )	Volumeno Data (m <sup>3</sup> )	Área total 2D (m <sup>2</sup> )	Volumetotal (m <sup>3</sup> )
IDW		11,049.63	26,198.27	1,778.80	3,776.58	0.00	0.00	12,828.43	29,974.85
SPLINE-T		9,245.36	27,001.51	2,897.00	6,042.79	0.00	0.00	12,142.36	33,044.30
SPLINE-R		8,757.74	26,900.60	3,393.51	8,315.24	0.00	0.00	12,151.25	35,215.84
KRIG-OS	11,200.00	6,067.92	14,141.56	1,654.08	3,198.44	4,280.00	10,500.00	12,002.00	27,840.00
KRIG-OE		6,067.92	14,141.56	1,654.08	3,198.44				
KRIG-OG		6,261.82	14,605.91	1,460.18	2,734.09				
KRIG-OL		6,495.30	15,040.94	1,226.70	2,299.06				
KRIG-UL		5,429.98	14,365.30	2,292.02	2,974.70				

As figuras 58 a 65 mostram os resultados obtidos pela aplicação dos vários métodos de interpolação disponíveis no *Spatial Analyst*, para a classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, resultantes da Simulação 2B.

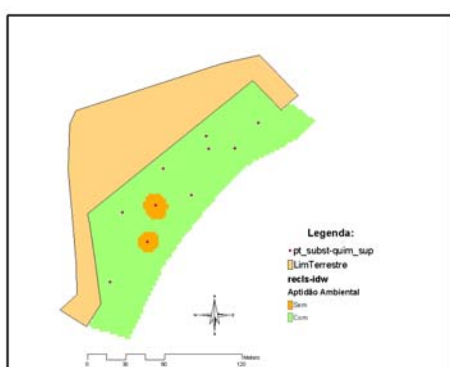


Figura 58. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador IDW.

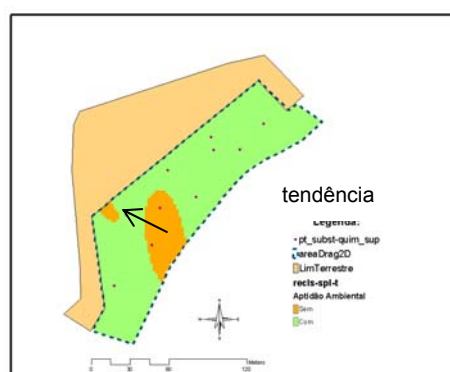


Figura 59. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador Spline-T.

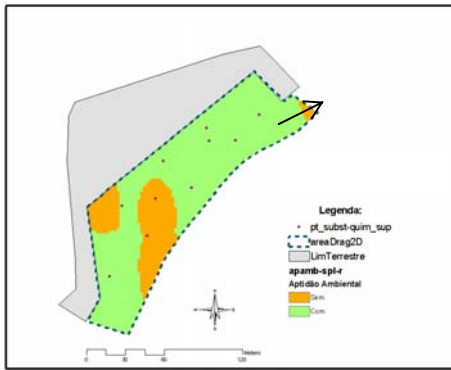


Figura 60. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador *Spline-R*.

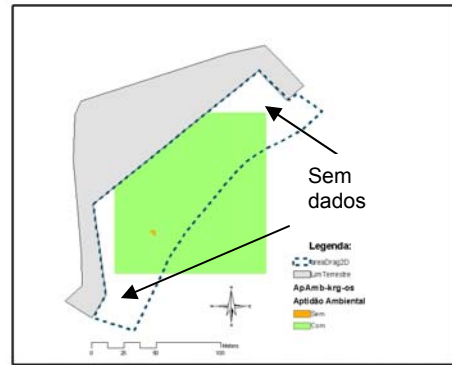


Figura 61. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OS.

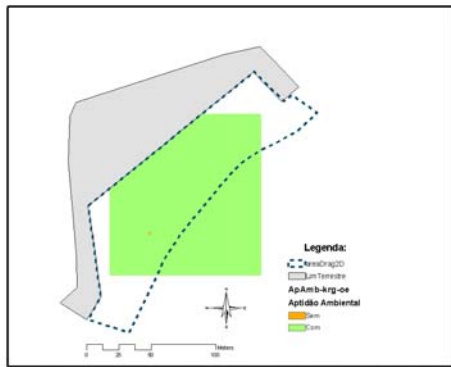


Figura 62. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OE.

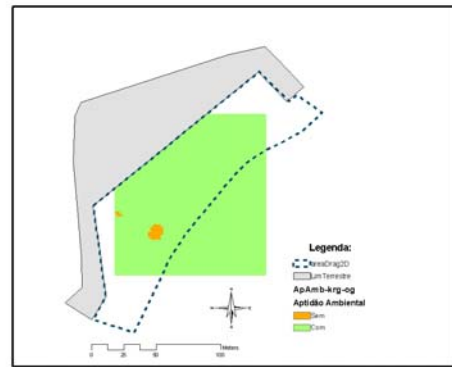


Figura 63. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OG.

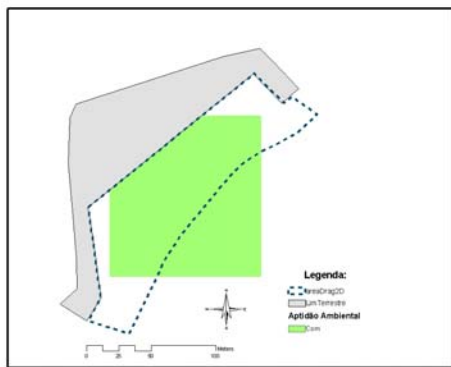


Figura 64. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-OL.

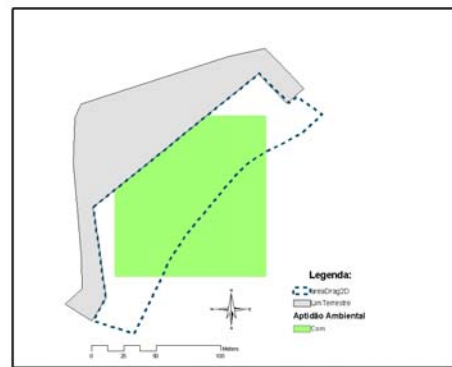


Figura 65. Superfície de aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida da classificação da superfície de estimacão gerada pelo interpolador KRIG-UL.

Da análise dos mapas produzidos, figuras 58 a 65, observa-se que existem zonas distintas, na área de dragagem, quanto ao grau de contaminação e, quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.

Para cada uma das superfícies de aptidão ambiental, obtidas da classificação de cada uma das superfícies produzidas pelos diferentes métodos de interpolação, calcularam-se as áreas de dragagem e os volumes de materiais dragados, dentro do limite da área de dragagem e, que se resumem na Tabela 62 e Tabela 63.

Tabela 62 Áreas de dragagem e volumes de materiais dragados com e sem aptidão ambiental, calculados através de álgebra de mapas (modelo raster), a partir da interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas.

Método de interpolação	Área-2D de dragagem (m <sup>2</sup> )	Área-2D c/ aptidão ambiental (m <sup>2</sup> )	Área Superfície e dragagem (m <sup>2</sup> )	Volume c/ aptidão ambiental (m <sup>3</sup> )	Área-2D s/ aptidão ambiental (m <sup>2</sup> )	Área Superfície e dragagem (m <sup>2</sup> )	Volume s/ aptidão ambiental (m <sup>3</sup> )	Área 2D NoData	Volume NoData (m <sup>3</sup> )	Área total 2D (m <sup>2</sup> )	Volume Total (m <sup>3</sup> )
IDW	10,600.00	9,842.55	10,027.41	23,529.80	388.00	390.10	686.15	0.00	0.00	10,230.55	24,215.95
SPLINE-T		8,784.26	8,953.26	21,852.61	1,366.63	1378.36	2,496.30	0.00	0.00	10,150.89	24,348.91
SPLINE-R		7,955.27	8,086.67	19,792.68	2,067.07	2,115.98	4,314.76	0.00	0.00	10,022.34	24,107.44
KRIG-OS		7,027.59	7,101.82	15,840.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10,179.59	24,340.13
KRIG-OE		7,043.59	7,117.98	15,871.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10,195.59	24,371.34
KRIG-OG		6,863.59	6,935.29	15,512.89	68.00	68.75	62.31	3,152.00	8,500.00	10,083.59	24,075.20
KRIG-OL		7,059.59	7,134.18	15,903.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10,211.59	24,403.41
KRIG-UL		7,059.59	7,134.18	15,903.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10,211.59	24,403.41

Tabela 63 - Áreas de dragagem e volumes de materiais dragados, com e sem aptidão ambiental, calculados em modelo de dados vectorial, a partir da interpolação dos valores e concentração das substâncias químicas.

Método de interpolação	Área-2D de dragagem (m <sup>2</sup> )	Área-2D c/ aptidão ambiental (m <sup>2</sup> )	Volume c/ aptidão ambiental (m <sup>3</sup> )	Área-2D s/ aptidão ambiental (m <sup>2</sup> )	Volume s/ aptidão ambiental (m <sup>3</sup> )	Área 2D NoData (m <sup>2</sup> )	Volume NoData (m <sup>3</sup> )	Área total 2D (m <sup>2</sup> )	Volume total (m <sup>3</sup> )
IDW	11,200.00	11,489.81	31,666.68	514.14	1,511.30	0.00	0.00	12,003.95	33,177.98
SPLINE-T		10,427.84	29,275.50	1,670.70	3,925.46	0.00	0.00	12,098.54	33,200.96
SPLINE-R		9,483.26	28,220.51	2,699.48	7,718.58	0.00	0.00	12,182.74	35,939.09
KRIG-OS		7,722.00	17,340.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12,002.00	27,840.00
KRIG-OE		7,722.00	17,340.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12,002.00	27,840.00
KRIG-OG		7,600.00	16,923.00	122.00	417.00	4,280.00	10,500.00	11,982.00	27,840.00
KRIG-OL		7,722.00	17,340.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12,002.00	27,840.00
KRIG-UL		7,722.00	17,340.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12,002.00	27,840.00

As diferenças de valores obtidas nos cálculos apresentados na Tabela 60, Tabela 61, Tabela 62 e Tabela 63, devem-se à utilização de diferentes modelos de dados, modelo vectorial e raster.

Com base nos critérios definidos para a exclusão de superfícies de interpolação, apresentam-se em seguida os casos de exclusão considerados.

Foram excluídas:

1- as superfícies de interpolação que não estimavam valores em toda a área definida (área de estudo - máscara). Assim, foram excluídas as superfícies de interpolação resultantes da aplicação do método de *kriging*, e ainda que este método seja um método muito robusto, geoestatístico, que permite a determinação do erro associado à estimação. Por outro lado, é

um método que limita a interpolação à área de influência dos pontos de amostragem. Uma vez que a amostragem é muitas vezes nestas actividades limitada, este método mostrou-se insuficiente na caracterização da área de dragagem considerada. Foi por isso, neste trabalho, o método de *kriging*, considerado inadequado. Faz-se notar, que o método *kriging* universal, admite a interpolação e extrapolação de valores a uma área definida, no entanto, este método só deve ser utilizado caso se conheça uma tendência nos dados (facto que à partida não é conhecido).

2- as superfícies de interpolação que apresentam tendências espaciais, pois pela natureza especulativa da estimação pode resultar em classificações alarmistas. Assim, foi excluído o método *Spline*, uma vez que apresentou uma ligeira tendência na análise espacial.

3- as superfícies de interpolação que apresentavam erros significativos relativamente ao valor estimado.

Neste contexto, as superfícies seleccionadas são as resultantes da aplicação do método IDW. O interpolador IDW é um método determinístico, puramente geométrico, bastante simples. Ainda que não permita a determinação do erro associado ao valor de estimação, permite a estimação de valores a uma área definida e não apresenta tendências significativas.

Por sua vez, quando comparadas as superfícies geradas nas Simulação 1A e 2A, constata-se que as diferenças obtidas não são representativas numa análise espacial desta natureza. O acréscimo de trabalho, induzido pela implementação da Simulação 2A (interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas), quando comparada com a Simulação 1A (interpolação das classes de contaminação dos sedimentos dragados), não se justifica face aos resultados que se obtêm. A Simulação 1A, além de muito mais rápida e simples do que a Simulação 2A, mostrou-se ainda, perfeitamente adequada para a caracterização de áreas de dragagem, permitindo a gestão dos materiais dragados pela identificação dos diferentes riscos potenciais de poluição do meio marinho nas áreas de dragagem, que permitem a definição da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar.

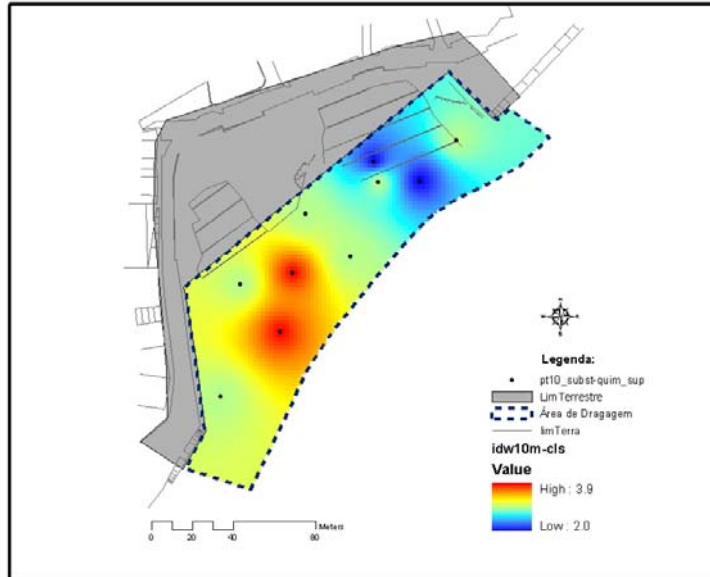
Apresentam-se em seguida os diversos mapas produzidos em cada uma das etapas da simulação 1A e 1B, realizadas pelo método IDW, figuras 66 a 69 e, na Tabela 64 apresentam-se os volumes de materiais dragados com e sem aptidão ambiental para a imersão no mar e, as áreas de dragagem respectivas, calculados pelos modelos de dados raster e vectorial.



SIMULAÇÃO 1A  
INTERPOLAÇÃO DOS DADOS ORIGINAIS

Simulação 1A.2)  
Interpolação dos valores  
das classes de  
contaminação Método IDW

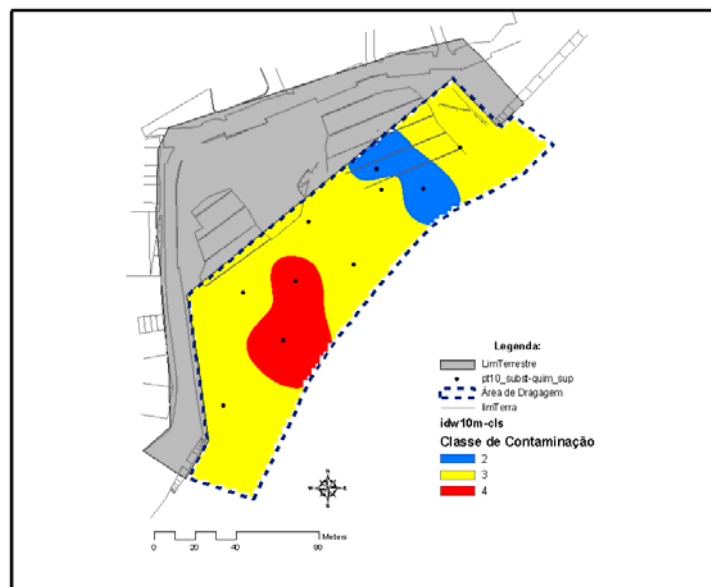
Figura 66. Superfície  
de interpolação do valor da  
CLASSE dos sedimentos  
dragados gerada pelo  
método IDW.



CLASSIFICAÇÃO DAS SUPERFÍCIES DOS VALORES ESTIMADOS DE CLASSES DE  
CONTAMINAÇÃO - SIMULAÇÃO 1B

Simulação 1B.1)  
Classificação da  
Contaminação dos  
dragados

Figura 67. Superfície  
de classificação dos valores  
estimados de CLASSE dos  
sedimentos dragados  
gerada pelo interpolador  
IDW.



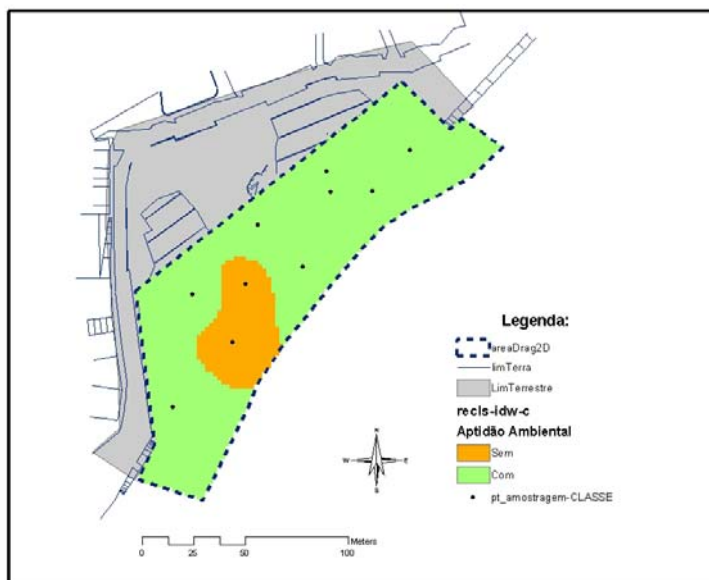
Simulação 1B.2) –  
Classificação do Risco  
potencial de poluição do  
meio marinho

Figura 68. Superfície  
de classificação do risco  
potencial de poluição do  
meio marinho.



Simulação 1B.3) – Aptidão  
Ambiental dos sedimentos  
dragados para a imersão  
no mar

Figura 69. Superfície  
de classificação da aptidão  
ambiental dos materiais  
dragados para a imersão  
no mar.



Foi possível determinar as áreas de dragagem cujos materiais dragados apresentam restrições ambientais quanto à aptidão para a imersão no mar. Sendo, ainda, possível o cálculo dessas áreas bem como do volume de materiais a dragar.

A área de dragagem, apresenta duas zonas distintas quanto à aptidão ambiental dos seus materiais dragados para efeitos de imersão no mar (as áreas no mapa: a verde-correspondem a sedimentos dragados com aptidão ambiental e, a laranja-correspondem a sedimentos dragados sem aptidão ambiental).

Assim, na análise do mapa, observa-se que sensivelmente na zona central da área de dragagem, foram detectadas classes de contaminação dos materiais dragados que restringem a sua imersão no mar. Para cada zona com diferente aptidão ambiental são determinados os volumes de materiais dragados e as áreas de dragagem respectivas. Estes resultados são resumidos na Tabela 64, apresentando-se os cálculos efectuados para o modelo de dados raster e vectorial.

Tabela 64 Volumes dos materiais dragados, com e sem aptidão ambiental para a imersão no mar e, respectivas áreas de dragagem, calculados para os modelos de dados raster e vectorial.

Modelo de Dados	Materiais Dragados	Área m <sup>2</sup>	Volume m <sup>3</sup>
RASTER	Com Aptidão Ambiental	9 700	28 400
	Sem Aptidão Ambiental	1 600	3 000
	TOTAL	11 300	31 400
VECTORIAL	Com Aptidão Ambiental	11 050	26 200
	Sem Aptidão Ambiental	1 780	3 780
	TOTAL	12 830	29 980

As diferenças dos resultados obtidos resultam da utilização dos diferentes modelos de dados. No modelo de dados vectorial os cálculos são efectuados sobre uma superfície 3D, a *TIN*, enquanto que, no modelo de dados raster a superfície é dividida numa rede regular de células, em que cada célula assina um valor específico (neste caso uma cota) e cuja resolução espacial (dimensão da célula) vai influenciar substancialmente a análise espacial. Isto é, se uma célula tiver uma resolução de 10x10 (m), então 100 m<sup>2</sup> de superfície assina o mesmo valor específico, enquanto que, se essa célula tiver uma resolução de 1x1 (m), então apenas 1m<sup>2</sup> de superfície assina o mesmo valor específico. Ambos os modelos são válidos e assim não se opta por um em detrimento do outro. Face aos objectivos do trabalho e à natureza da informação geográfica, assim se aplicará um ou outro modelo.

Os materiais dragados que apresentam restrições ambientais, isto é, sem aptidão ambiental para a imersão no mar, deverão ser depositados em terra, em local adequado e específico para o efeito. Preconiza-se que os materiais dragados contaminados devem ser depositados num local de recepção provisória, dimensionado para os materiais a armazenar e devidamente acondicionado, de forma a não constituírem um risco ambiental. A restante área de dragagem não apresenta restrição ambiental quanto à aptidão dos sedimentos dragados para a imersão no mar, podendo assim ser depositados no meio marinho.

## **7. CONCLUSÕES**

São em seguida apresentados e discutidos os aspectos mais relevantes deste trabalho.

### **7.1 RESUMO**

O presente trabalho teve por objectivo principal a caracterização de áreas de dragagem, recorrendo à utilização de um sistema de informação geográfica (SIG). As actividades de dragagem e as operações de imersão de materiais dragados no mar são actividades regulamentadas por convenções internacionais e legislação específica, para que sejam garantidas as condições de protecção do meio marinho. Em Portugal, o IPTM é a entidade que representa a autoridade nacional para o efeito de imersão de dragados no mar, de entre muitas outras actividades que lhe estão cometidas.

Para a caracterização das áreas de dragagem foi desenvolvido um sistema de classificação de materiais sedimentares, no âmbito das operações de dragagem e gestão de materiais dragados, implementado através da utilização de sistema de informação geográfica (SIG), que permitiu a integração e geoprocessamento da informação geográfica, bem como a realização de operações de análise espacial específicas. No desenvolvimento desse sistema foram considerados: os termos de realização das campanhas de amostragem; os parâmetros físico-químicos a analisar nos sedimentos dragados; os limites de qualidade ambiental de cada classe de contaminação e a aptidão ambiental daqueles materiais para a imersão no mar, bem como a forma de tratamento dos dados e dos níveis de informação.

Foram definidos os tipos de dados a utilizar e as operações de análise espacial a realizar. Entre outros aspectos definidas as especificações técnicas para a implementação de um SIG no IPTM-Sede e, criado um modelo conceptual de informação geológica georreferenciada, pela concepção global de um modelo de dados que considera as entidades, os seus atributos e, as relações entre essas entidades, sendo utilizada a técnica de modelação: entidade-relação, que se baseia na construção de uma base de dados.

Na caracterização das áreas de dragagem, são consideradas duas simulações distintas (uma mais expedita e simples e outra mais robusta, mas morosa) e foram aplicados três métodos diferentes de interpolação para a estimação de valores. Pela análise comparativa das superfícies geradas foi seleccionado o método de interpolação julgado mais ajustado e, a simulação de caracterização de áreas de dragagem mais adequada aos trabalhos realizados pelo IPTM. O sistema foi implementado num caso de estudo, que permitiu não só caracterizar a área de dragagem quanto às características ambientais dos materiais dragados (avaliação das classes de qualidade ambiental, do risco potencial de poluição do

meio marinho e, da aptidão ambiental para a imersão no mar), bem como permitiu efectuar a análise fisiográfica da área, o cálculo da área de dragagem e do volume de materiais dragados, permitindo assim melhorar a gestão destas actividades, visando sempre a protecção do meio marinho.

Compreender a distribuição espacial de dados relativos a fenómenos ocorridos num contexto espacial, constitui um dos grandes desafios para a elucidação de questões fulcrais em diversas áreas do conhecimento, nomeadamente em geologia, ambiente, e outras. Tais estudos, têm vindo a tornar-se comuns, com a disponibilização de sistemas de informação geográfica de baixo custo e de interfaces amigáveis. Estes sistemas permitem a visualização espacial de variáveis através de mapas (Câmara *et al.*; 2001), proporcionando a representação espacial de dados de uma forma que possibilitem a resposta a questões específicas (KRISHNA, s/data).

## **7.2 DISCUSSÃO DAS HIPÓTESES**

Partindo do pressuposto que o Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM) beneficiaria da implementação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), para a gestão dos dados geográficos e de cartografia de base e temática relativa às áreas marítimo-portuárias que aquele Instituto supervisiona, foi necessário o desenvolvimento de modelos de dados adequados às necessidades do IPTM, nomeadamente, quanto ao tipo de utilização e quanto ao formato da informação disponível, uma vez que é desejável a criação de um cadastro portuário. O SIG cria a possibilidade de integração de um considerável volume de dados e informação respeitante a projectos, estudos e obras portuárias, integrando a informação relativa às operações de dragagem e imersão de materiais dragados no mar.

Através da utilização de um SIG foi possível a integração da informação geográfica existente no IPTM em diversos formatos (papel, CAD, doc, txt, etc), permitindo a realização de operações de análise espacial específicas, para a classificação de áreas de dragagem em função das suas características, pela implementação de uma metodologia adequada.

Com a utilização de um SIG, recorrendo à álgebra de mapas, foi também possível a avaliação da variação espacial do grau de contaminação dos sedimentos dragados, pela classificação dos materiais dragados quanto à classe de contaminação, quanto ao risco potencial de poluição do meio marinho e, quanto à aptidão ambiental para efeitos de imersão no mar. Para a caracterização das áreas de dragagem foram testadas duas simulações distintas e aplicados três métodos de interpolação, de modo que pela análise

comparativa das superfícies geradas, fosse seleccionado o método de interpolação mais ajustado e a simulação mais adequada.

Foi ainda possível o cálculo das áreas de dragagem e dos volumes dos materiais dragados, utilizando as ferramentas de análise espacial usualmente disponíveis num SIG, a partir da análise fisiográfica local.

Na selecção do método de interpolação e da simulação de caracterização de áreas de dragagem, foram tidos em conta os critérios para a exclusão de superfícies de interpolação, tendo sido excluídas as superfícies de interpolação que não estimem valores em toda a área definida (área de estudo - máscara), não tendo por isso sido tomadas em consideração as superfícies de interpolação resultantes da aplicação do método de *kriging*. Ainda que este último seja um método muito robusto, geoestatístico, que permite a determinação do erro associado à estimação, por outro lado, é um método que limita a interpolação à área de influência dos pontos de amostragem. Uma vez que, nestas actividades a amostragem apresenta certas limitações, este método mostrou insuficiência na caracterização da área de dragagem considerada. Assim, neste trabalho, o método de *kriging*, foi considerado inadequado. Foram ainda excluídas as superfícies de interpolação que apresentassem tendências espaciais, pois pela natureza especulativa da estimação podem resultar em classificações “alarmistas”. Assim, foi excluído o método *Spline*, uma vez que apresentou uma ligeira tendência na análise espacial e, ainda as superfícies de interpolação que apresentavam erros significativos relativamente ao valor estimado.

Neste contexto, as superfícies seleccionadas são as resultantes da aplicação do método IDW. O interpolador IDW é um método determinístico, puramente geométrico, bastante simples. Ainda que não permita a determinação do erro associado ao valor de estimação, permite a estimação de valores relativos a uma área definida e não apresenta tendências significativas.

Por sua vez, quando comparadas as superfícies geradas nas Simulação 1A e 2A, constata-se que as diferenças obtidas não são representativas numa análise espacial desta natureza e que, o acréscimo de trabalho, induzido pela implementação da Simulação 2A (interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas), quando comparada com a Simulação 1A (interpolação das classes de contaminação dos sedimentos dragados), não se justifica face aos resultados que se obtêm. A Simulação 1A, além de muito mais rápida e simples do que a Simulação 2A, mostrou-se ainda, perfeitamente adequada para a caracterização de áreas de dragagem, permitindo a gestão dos materiais dragados pela identificação dos diferentes riscos potenciais de poluição do

meio marinho nas áreas de dragagem, que permitem a definição da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar.

### **7.3 LIMITAÇÕES**

As principais limitações deste trabalho resultaram da conjugação de alguns factores que condicionaram a implementação do sistema de classificação de materiais sedimentares, no âmbito das operações de dragagem e gestão de materiais dragados. Por um lado a natureza da amostragem, em que muitas vezes o número de amostras é insuficiente, dificultando uma cobertura devidamente ajustada, condicionando por sua vez a análise espacial realizada, nomeadamente na estimação de valores pela aplicação de diferentes métodos de interpolação. Por outro lado, pela necessidade de se estabelecerem critérios de exclusão de superfícies de estimação, que caracterizam as áreas de dragagem através da classificação dos materiais dragados quanto à sua classe de contaminação, ao seu risco potencial de poluição do meio marinho e aptidão ambiental para a imersão no mar, obtidas a partir das simulações consideradas, pela aplicação dos diferentes métodos de interpolação. Os critérios estabelecidos excluem: as superfícies de interpolação que não estimam valores para toda a área de estudo definida (máscara), as superfícies que apresentam tendências que pela sua natureza especulativa podem resultar em estimações “alarmistas” e, as superfícies cujo erro assume valores significativos relativamente ao valor estimado.

### **7.4 TRABALHOS FUTUROS**

Este trabalho pretende chamar a atenção para as actividades relacionadas com operações de dragagem e imersão no mar de materiais dragados. Estas operações encontram-se próximas dos impactes imediatos do homem, sendo assim necessário um acompanhamento urgente e permanente destas actividades, bem como a sua gestão integrada num contexto portuário nacional.

Foi desenvolvido um sistema de classificação de materiais sedimentares, no âmbito das operações de dragagem e gestão de materiais dragados, utilizando um sistema de informação geográfica, que permitiu explorar e modelar processos que se expressam através de uma distribuição no espaço, de acordo com o que normalmente é englobado sob a designação de fenómenos geográficos.

No futuro, seria desejável a implementação desta metodologia nas várias áreas portuárias sob a jurisdição do IPTM e, evoluir para um contexto nacional, culminando, num “Atlas Portuário”.

Seria desejável a redefinição dos planos de amostragem de forma a melhorar a exactidão dos resultados, bem como a monitorização temporal das áreas de dragagem, de forma a serem definidas classificações que não se reportem exclusivamente a datas de amostragem. A análise temporal da variação da concentração das substâncias químicas constituiria uma forma de definir médias (ou valores estimados), que possam ser assumidas como as representativas das características verificadas num determinado local, para um determinado período de tempo.

As substâncias químicas (metais e compostos orgânicos) analisadas nos sedimentos portuários, de acordo com o DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho, persistem no ambiente muito tempo depois da sua produção, mesmo após ter cessado a sua utilização. Assim, a modelação e previsão da contaminação por essas substâncias químicas no futuro, com base na sua produção e uso nos dias de hoje, é muito importante. As estimativas dos níveis de contaminação permitem uma apreciação para os futuros impactes no ambiente, devido a acções humanas, permitindo indicar quais as medidas mais rápidas a tomar para proteger o ambiente marinho e oceânico (EPA/540/s-93/506; 1998). Face ao crescente número de substâncias químicas a serem produzidas e usados, é de extrema importância o estudo da sua distribuição, comportamento e destino, particularmente daqueles compostos que são tóxicos (EPA/540/s-93/506; 1998).



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRILIS, J., 2004, Monitoring sediment quality at river basin scale. *SEDNET: 3rd Workshop monitoring sediment quality at river basin scale: understanding the behaviour and fate of pollutants* (Lisboa, Portugal: INIAP-IPIMAR), pp. 9-12.
- CABRAL, P., 2003, [Entrevista relativa ao Protocolo existente entre o ISEGI e a DGPNTM para a implementação de um SIG] [Registo sonoro, 30-06-2003] (Lisboa: ISEGI-UNL).
- CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M., FUCKS, S. D., e CARVALHO, M., 2001, *Análise Espacial e Geoprocessamento* (URL: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-introd.pdf>, consulta em 05-01-2004).
- COMITÉE EUROPÉEN DE NORMALISATION, 1998, *Pré-norma europeia prENV12657: geographic information data description: metadata* (Bruxelas: Comitée Européen de Normalisation).
- COSTA, M., 2002, *Dragagens* (URL: <http://salasvirtuais.universiabrasil.net/cgi-bin/maioabrirave.pl?comunidade=livre/&ave=1jul10292629/>, consulta em 06-08-2003).
- CRESSIE, N., 1993, *Statistics for spatial data* (2.<sup>a</sup> ed) (New York: John Wiley and Sons).
- DAVIS, C., e CÂMARA, G., 2001, *Arquitectura de Sistemas de Informação Geográfica* (URL: <http://www.dpi.ine.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitectura.pdf>, consulta em 06-01-2004).
- DESPACHO CONJUNTO DOS MINISTÉRIOS DO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS E DO MAR. *D.R. II Série*, **141 (21-06-1995)**, 6085-6807.
- DESPACHO n.º 7/SEAMP/2001. Secretário de Estado da Administração Marítima e Portuária, **(11-10-2001)**, [Documento não publicado] (Lisboa: SEAMP).
- DECRETO n.º 491/72. *D.R. I Série*, **283 (06-12-1972)**, 1835-1842.
- DECRETO-LEI n.º 280/93. *D.R. I Série-A*, **189 (13-08-1993)**, 4324-4337.
- DECRETO-LEI n.º 257/02. *D.R. I Série-A*, **270 (22-11-2002)**, 7346-7358.
- DECRETO-LEI n.º 152/2003. *D.R. I Série-A*, **158 (11-07-2003)**, 3956-3957.
- DECRETO-LEI n.º 215-A/2004. *D.R. I Série-A*, **208 (03-09-2004)**, 5912-(2)-5912-(9).
- DIAS, E., 1999, *Substâncias químicas contaminantes em sedimentos portuários*. Relatório de Investigação [não publicado], Instituto Marítimo-Portuário, Lisboa.
- DIAS, E., 2002, O IMP e os Procedimentos Ambientais em Áreas de Administração Portuária, *Revista MAR, Boletim do Instituto Marítimo-Portuário*, **10**, 46-49.
- DIAS, E., 2003a, *Modelo conceptual de informação geográfica de sondagens geológicas realizadas em áreas portuárias: MIG-PORTS*. Projecto Final da Disciplina de Base de Dados, ISEGI-UNL, Lisboa.

- DIAS, E., 2003b, *Concepção de modelos de dados e operações de análise espacial*. Projecto Final da Disciplina de Dados Geo-Espaciais: Modelos e Operações, ISEGI-UNL, Lisboa.
- DIAS, E., 2003c, *Modelo de classificação dos materiais dragados e avaliação da sua qualidade ambiental na operação de dragagem no rio Ave - Vila do Conde*. Projecto Final da Disciplina de Modelação em SIG, ISEGI-UNL, Lisboa.
- DIAS, E., 2003d, *Avaliação da qualidade ambiental dos materiais dragados na operação de dragagem no rio Ave, Vila do Conde, modelo de classificação*. Projecto Final da Disciplina de de Aplicações de SIG II, ISEGI-UNL, Lisboa.
- DIAS, E., GOMES, H. e MOTA, M., CAMPOS, P. 2003, *Especificações técnicas para a implementação de um SIG no IPTM*. Projecto Final da Disciplina de Aquisição, Fontes e Qualidade de Dados, ISEGI-UNL, Lisboa.
- DIAS, E., MOTA, M., 2003, *Implementação de um sig no IPTM*. Projecto Final de SIG nas Organizações, ISEGI-UNL, Lisboa.
- DIAS, M. H., 1991, *Leitura e Comparação de Mapas Temáticos* (Lisboa, Centro de Estudos Geográficos).
- DIRECTIVA DO CONSELHO n.º 76/464/CEE, 1976, *Directiva relativa à poluição causada por determinadas substâncias perigosas lançadas no meio aquático da comunidade* [Versão electrónica] (URL: [http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT\\_LC\\_2356\\_2\\_0001.htm](http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LC_2356_2_0001.htm), consulta em: 20-04-2004) (Bruxelas: CEE).
- EPA, 1996, *EPA/540/s-93/506: about PCBs* (URL: [http://www.gascape.org/index%20/About\\_PCBs\\_\(Polychlorinated\\_Bip\)](http://www.gascape.org/index%20/About_PCBs_(Polychlorinated_Bip)), consulta em 20-06-1999).
- EPA, 1996, *Contaminated Sediment Newsletter #18: holds national conference on sediment bioaccumulation* (URL: <http://www.epa.gov/waterscience/pc/csnews/csnews18.html>, consulta em 20-06-1999).
- EASSON, G. L., 1999, *Geographic Information Systems* (URL: [http://www.olemiss.edu/depts/geology/courses/ge470/gis\\_cont.htm](http://www.olemiss.edu/depts/geology/courses/ge470/gis_cont.htm), consulta em 05-01-2003).
- FGDC, 1998, *Norma CSDGM: content standard for digital geospatial metadata: FGDC-STD-001* (URL: [http://www.fgdc.gov/standards/documents/standards/metadata/v2\\_0698.pdf](http://www.fgdc.gov/standards/documents/standards/metadata/v2_0698.pdf), consulta em 06-06-2003) (Reston: Federal Geographic Data Committee).
- FGDC, 2000, *Content Standard for Digital Geospatial Metadata Workbook* (URL: [http://www.fgdc.gov/publications/documents/metadata/workbook\\_0501\\_bmk.pdf](http://www.fgdc.gov/publications/documents/metadata/workbook_0501_bmk.pdf), consulta em 05-02-2003) (Reston: Federal Geographic Data Committee).

- FGDC, [2004], Metadata (URL: <http://www.fgdc.gov/metadata/metadata.html>, consulta em 20-06-2004).
- FERREIRA, A., 2003, [*Entrevista sobre a implementação de um SIG no IPTM*] [Registo sonoro, 07-07-2003] (Lisboa: IPTM).
- FILHO, J. L., e LOCHPE, C., 2002, *Um Estudo sobre Modelos Conceptuais de Dados para Projecto de Bancos de Dados Geográficos* [URL: <http://www.ip.pbh.gov.br/revista0102/ip0102lisboafilho.pdf>, consulta em 13-06-2003).
- FONSECA, R. M., 1995, *A natureza dos sedimentos da albufeira do Maranhão: estudo da sua qualidade para uso agrícola*. Dissertação de mestrado, Departamento de Geociências, Universidade de Évora.
- HAUSCHILD, M. L., [2004], GIS Analysis Functions (URL: <http://maps.unomaha.edu/Peterson/gis/notes/GISAnal2.html>, consulta em 24-10-2004).
- HEYWOOD, I., CORNELIUS, S., e CARVER, S., 2002, *An Introduction to geographical information systems* (2ª ed.) (Harlow: Prentice Hall).
- HURVITZ, P., 1998, *The GIS Spatial Data Model* (URL: [http://gis.washington.edu/cfr250/lessons/introduction\\_gis/spatial\\_data\\_model.html](http://gis.washington.edu/cfr250/lessons/introduction_gis/spatial_data_model.html), consulta em 05-01-2003).
- INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 1972, *Convenção de Londres: convenção para a prevenção da poluição marinha causada por operações de imersão de detritos e outros produtos* [Versão electrónica] (URL: <http://www.londonconvention.org/main.htm>, consulta em 20-04-2004) (London: IMO).
- [INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION], 1972, *Convenção de Oslo: convenção para a prevenção da poluição marítima causada por operações de imersão efectuadas por navios e aeronaves* [Versão electrónica] (URL: <http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT LI 5673 1 0001.htm>; consulta em 20-04-2004).
- INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION, 1973-78, *Convenção MARPOL: convenção internacional para a prevenção da poluição causada por navios* [Versão electrónica] (URL: <http://www.imo.org/Conventions/Contents.asp?doc id=678&topic id=258>, consulta em 20-04-2004) (London: IMO).
- IPTM, 2004a, *Plano de Actividades de 2004* (URL: [http://www.imarpor.pt/main/anexos/pa\\_2004.PDF](http://www.imarpor.pt/main/anexos/pa_2004.PDF), consulta em 02-02-2004).
- IPTM, 2004b, [*O IPTM-Sede*] (URL: <http://www.imarpor.pt>, consulta em 02-05-2003).
- IPTM, 2004c, [*O IPTM-Delegação do Norte*] (URL: <http://www.ipnorte.pt/>, consulta em 02-05-2003).
- IPTM, 2004d, [*O IPTM-Delegação do Douro*] (URL: <http://www.iptm.pt/>, consulta em 02-05-2003).

- ISAAKS, E.H. e STRIVASTAVA, R.M., 1989, *Identifying Spatial Autocorrelation Structure* (URL: [http://geology.isu.edu/geosciences/G606/lecture\\_notes/G606CourseNotesWeek5-15.pdf](http://geology.isu.edu/geosciences/G606/lecture_notes/G606CourseNotesWeek5-15.pdf), consulta em 10-03-2004).
- KIRK, K., 2003, *Spatial Sampling And Interpolation Methods: comparative experiments using simulated data* (URL: <http://www.cvmt.dk/~kirk/publications/PFT-2003-paper.pdf>, consulta em 08-08-2004).
- KRISHNA, G., [2004], *Spatial Analysis & Modelling* (URL: <http://www.gisdevelopment.net/technology/gis/techgi0039.htm>, consulta em 05-01-2004).
- LNEC, 1970, *Norma LNEC E-239* (Lisboa: LNEC).
- MATOS, J. L., 2001, *Fundamentos de informação geográfica* (Lisboa: Lidel).
- MICROSOFT, 1998, *Microsoft Encarta 98 Encyclopédia* (Redmond, USA: Microsoft Corporation).
- MOTA, M., 2003, *Cartografia e SIG*. Projecto Final da disciplina de Ciência e SIG, ISEGI-UNL, Lisboa.
- NERY, F., e MATOS, J., 2004, *Integração de Informação Hidrográfica em Modelos Digitais do Terreno* (URL: [http://www.igeo.pt/IGEO/portugues/servicos/CDI/biblioteca/PublicacoesIGP\\_files/ESIG\\_2004/p035.pdf](http://www.igeo.pt/IGEO/portugues/servicos/CDI/biblioteca/PublicacoesIGP_files/ESIG_2004/p035.pdf), consulta em 10-10-2004).
- OSPAR COMMISSION, 1992, *Convenção OSPAR: convenção para a protecção do meio marinho nordeste do Atlântico* (URL: <http://www.ospar.org/eng/html/welcome.html>, consulta em 20-04-2004) (Paris: OSPAR Commission).
- PAINHO, M., GOMES, R., e CABRAL, P., 1999, *Delimitação da Reserva Ecológica Nacional do Concelho de Albufeira com o Apoio de SIG: confronto dos resultados com a REN legalmente aprovada* (URL: [http://www.isegi.unl.pt/labnt/papers/ESIG\\_1999\\_REN.pdf](http://www.isegi.unl.pt/labnt/papers/ESIG_1999_REN.pdf), consulta em 05-07-2004).
- PAINHO, M., 2003, [Entrevista sobre o Protocolo existente entre o ISEGI e a DGPNTM para a implementação de um SIG] [Registo sonoro, 30-06-2003] (Lisboa: ISEGI-UNL).
- PAIXÃO, G. L., 2000, *Gestão ambiental integrada de dragagens nas zonas costeiras e em áreas portuárias*. Seminário EUROCOAST: Perspectiva de Gestão Integrada de Ambientes Costeiros (Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra) (URL: <http://www.geocities.com/gpaixao/SEMINARIO25OUT2000.htm>, consulta em 20-06-2003).
- PAIXÃO, G.L, 2001, *Operações de Dragagem: dragados e procedimentos ambientais* (URL: <http://www.geocities.com/gpaixao/PIANC-ENG-COST-PORT-NOVA-OUT-2001-GILBERTO-PAIXAO.doc>, consulta em 20-06-2003).
- PAIXÃO, G.L., 2003, [Entrevista sobre a implementação de um SIG no IPTM] [Registo sonoro, 05-07-2003] (Lisboa: IPTM).

- PAIXÃO, G.L., 2004a, The fate of dredged material in Portugal: a perspective. *SEDNET: 3rd Workshop monitoring sediment quality at river basin scale: understanding the behaviour and fate of pollutants* (Lisboa, Portugal: INIAP-IPIMAR), pp. 87-98.
- PAIXÃO, G.L., 2004b, *Dredging And Dredged Material Disposal In Portugal*. Dredging Seminar. [CD-ROM] (Lisboa, Portugal: Universidade Lusófona).
- PESTANA, G., 2001, *Caracterização dos sistemas de informação geográfica* (URL: [http://saesc.uma.pt/gpestana/Disciplinas/SIG/Acetatos%20Aulas/SIG\\_Sebenta.pdf](http://saesc.uma.pt/gpestana/Disciplinas/SIG/Acetatos%20Aulas/SIG_Sebenta.pdf), consulta em 12-11-2002).
- PETTIJOHN, E. J., 1975, *Sedimentary rocks* (3ª ed.) (New York: Harper; Row Publishers).
- PRYAKANT, N., RAO, L. I. M., e SINGH, A. N., [2004], *Surface Approximation Of point Data Using Different Interpolation Techniques: a gis approach* (URL: <http://www.gisdevelopment.net/technology/survey/techgp0009.htm>, consulta em 20-05-2004).
- RUSSEL, J. B., 1982, *Química geral* (São Paulo: McGraw-Hill).
- SNIRH, 1998, *Especificações Técnicas para a Informação Geo-referenciada dos Planos de Bacia Hidrográfica*. Equipa de Projecto do Plano Nacional da Água (Lisboa: Instituto da Água).
- SOARES, A., 2000, *Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente* (Lisboa: IST Press).
- TOBLER, 1964, *Numerical map generalisation*. Working paper, University of Michigan (URL: <http://www-personal.umich.edu/~copyrght/image/micmg/tobler/a/>, consulta em 02-06-2003).
- TOBLER, 1993, *Three Presentations On Geographical Analysis And Modeling: non-isotropic geographic modeling: speculations on the geometry of geography: global spatial analysis* (URL: <http://www.geodyssey.com/papers/tobler93.html>, consulta em 02-06-2003).
- TOMLIN, D., 1990, *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling* (URL: [http://www.northeastarc.org/abs\\_02/tomlin.htm](http://www.northeastarc.org/abs_02/tomlin.htm), consulta em 10-01-2004).
- TOMLIN, D., [2004], *Unit 4: the raster gis* (URL: <http://www.geo.wvu.edu/~elmes/geog350/unit04.htm>, consulta em 20-01-2003)
- TORRES, R. J., 2000, *Uma análise preliminar dos processos de dragagem do Porto de Rio Grande, RS*. Dissertação de Mestrado, Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- WRIGHT, D. J., e BARTLETT, D. J., 1999, *Marine and Coastal Geographic Systems: spatial reasoning for marine geology and geophysics* (URL: <http://dusk.geo.orst.edu/book/chap8.html>, consulta em 03-06-2004).

## ANEXOS

## INDICE

Indice de Tabelas.....	8
Indice de Figuras.....	8
ANEXO 1 - ENTREVISTAS .....	8
Testemunho do IPTM .....	8
Testemunho do ISEGI .....	8
ANEXO 2 - METADADOS.....	8
ANEXO 3 – MODELO CONCEPTUAL – BASE DE DADOS.....	8
3.1-Derivar Tabelas .....	8
3.1.1- Derivar as tabelas: promotor – local – sondagem geológica .....	8
3.1.2- Derivar as tabelas: promotor – local – levantamento topo-hidrográfico.....	8
3.1.3- Derivar as tabelas: promotor – local – estação de amostragem.....	8
3.1.4- Derivar as tabelas: levantamento topo-hidrográfico – sondagem geológica .....	8
3.1.5- Derivar as tabelas: levantamento topo-hidrográfico – estação de amostragem.....	8
3.1.6- Derivar as tabelas: sondagem geológica – ensaio spt.....	8
3.1.7- Derivar as tabelas: sondagem geológica – litologia – profundidade.....	8
3.1.8- Derivar as tabelas: estação de amostragem – amostra.....	8
3.2-Código SQL .....	8
Criar Tabelas .....	8
Tipo De Dados.....	8
Restrições .....	8
Criar a Tabela da Entidade Promotor .....	8
Criar a Tabela da Entidade Local .....	8
Criar a Tabela da Entidade Sondagem Geológica:.....	8
Criar a Tabela da Entidade Levantamento Topo-Hidrográfico.....	8
Criar a Tabela da Entidade Estação De Amostragem .....	8
Criar a Tabela da Entidade Cod_Prom_Loc_Sg .....	8
Criar a Tabela da Entidade Cod_Prom_Loc_Lev.....	8
Criar a Tabela da Entidade Cod_Prom_Loc_Estam .....	8
Criar a Tabela da Entidade Cod_Levantamento_Sg.....	8
Criar a Tabela da Entidade Ensaio Spt .....	8
Criar a Tabela da Entidade Cod_Sg_Spt.....	8
Criar a Tabela da Entidade Amostra .....	8
Criar a Tabela da Entidade Cod_Estam_Amostra .....	8
Criar a Tabela da Entidade Cod_Levantamento_Estam.....	8
Criar a Tabela da Entidade Litologia .....	8
Criar a Tabela da Entidade Profundidade .....	8
Criar a Tabela da Entidade Cod_Sg_Prof_Litologia .....	8
Inserir Dados .....	8
Inserir Dados Na Tabela Promotor.....	8
Criar Indices.....	8
Criar Indice Da Tabela Promotor.....	8
Consultar Os Dados .....	8
Ligação Entre Tabelas.....	8

ANEXO 4 - SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO NOS PROJECTOS SIG .....	8
Georreferênciação Das Estações De Amostragem.....	8
ANEXO 5 – ÁLGEBRA DE MAPAS .....	8
5.1- Interpolação Dos Dados Originais Das Classes De Contaminação E Da Concentração Da Substância Química.....	8
5.1.1- Simulação 1A – interpolação das classes de contaminação .....	8
1A.1) Simulação de análise espacial em folha de cálculo (aplicação excel) .....	8
1A.1B) Classificação de cada parâmetro analisado .....	8
1A.1C) Classificação de cada amostra de sedimentos para o total dos parâmetros classificados .....	8
5.1.2- 1A.2) Simulação de análise espacial em ambiente sig - interpolação dos valores das classes de contaminação para a caracterização de áreas de dragagem .....	8
5.2- Simulação 2A – interpolação dos valores de concentração das substâncias químicas analisadas (dados em bruto), em ambiente sig .....	8
5.3 Classificar as Superfícies de Interpolação com base nos limites das 5 classes de contaminação – análise espacial em sig.....	8
5.3.1 Simulação 1B - classificação dos valores estimados de classes de contaminação .	8
5.3.2- Simulação 2B - classificação dos valores estimados de concentração das substâncias químicas analisadas .....	8
ANEXO 6 – APÊNDICE .....	8
6.1-Directivas Europeias e Convenções Internacionais Sobre o Ambiente Marinho.....	8
Listas de substâncias a considerar para análise em sedimentos portuários, no âmbito da Directiva das C.E., 76/464/CEE.....	8
6.1.1- Lista I.....	8
6.1.2- Lista II.....	8
6.2. Apresentação dos Contaminantes Discriminados na Legislação em Vigor.....	8
6.2.1- Contaminantes inorgânicos .....	8
Arsénio.....	8
Cádmio.....	8
Chumbo .....	8
Cobre .....	8
Crómio .....	8
Mercúrio .....	8
Níquel.....	8
Zinco .....	8
6.2.2- Contaminantes orgânicos .....	8
PCB - Bifenilos policlorados .....	8
PAH - Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos.....	8
HCB - Hexaclorobenzenos .....	8



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Tabelas das entidades definidas (A), (B) e (C) e respectiva tabela derivada (D).....	8
Tabela 2	Tabelas das entidades definidas (A), (B) e (C) e respectiva tabela derivada (D).....	8
Tabela 3	Tabelas das entidades definidas (A), (B) e (C) e respectiva tabela derivada (D).....	8
Tabela 4	Tabelas das entidades definidas (A) e (C) e respectiva tabela derivada (B).....	8
Tabela 5	Tabelas das entidades definidas (A) e (C) e respectiva tabela derivada (B).....	8
Tabela 6	Tabelas das entidades definidas (A) e (C) e respectiva tabela derivada (B).....	8
Tabela 7	Tabelas das entidades definidas (A), (B) e (C) e respectiva tabela derivada.....	8
Tabela 8	Tabelas das entidades definidas (A) e (C) e respectiva tabela derivada (B).....	8
Tabela 9	Estações de amostragem Georeferenciadas.....	8
Tabela 10	Classificação de cada parâmetro analisado.....	8
Tabela 11	Classificação de cada amostra sedimentar.....	8
Tabela 12	Substância: Arsênio.....	8
Tabela 13	Substância Cádmio.....	8
Tabela 14	Substância Chumbo.....	8
Tabela 15	Substância Cobre.....	8
Tabela 16	Substância Crômio.....	8
Tabela 17	Substância Mercúrio.....	8
Tabela 18	Substância Níquel.....	8
Tabela 19	Substância Zinco.....	8
Tabela 20	Substância bifenilos policlorados – PCBs, adaptado de EPA/540/s-93/506.....	8
Tabela 21	Substância HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS – PAH, adaptado de EPA, 1996. ....	8
Tabela 22	Substância HEXACLOROBENZENOS - HCB.....	8

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama das relações entre as entidades Promotor, Sondagem Geológica e Local.....	8
Figura 2. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas. ....	8
Figura 3. Diagrama das relações entre as entidades Promotor, Levantamento Topo-hidrográfico e Local. ....	8
Figura 4. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas. ....	8
Figura 5. Diagrama das relações entre as entidades Promotor, Estação de Amostragem e Local. ....	8
Figura 6. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas. ....	8
Figura 7. Diagrama das relações entre as entidades Levantamento Topo-hidrográfico e Sondagem Geológica. ....	8
Figura 8. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas. ....	8
Figura 9. Diagrama das relações entre as entidades Levantamento Topo-hidrográfico e Estação de Amostragem. ....	8
Figura 10. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas. ....	8
Figura 11. Diagrama das relações entre as entidades Sondagem Geológica e Ensaio SPT (ensaios geomecânico). ....	8
Figura 12. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas. ....	8
Figura 13. Diagrama das relações entre as entidades Sondagem Geológica, Profundidade e Litologia. ....	8
Figura 14. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas. ....	8
Figura 15. Diagrama das relações entre as entidades Sondagem Geológica, Profundidade e Litologia. ....	8
Figura 16. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas. ....	8
Figura 17. Localização dos pontos de amostragem na área de estudo. ....	8
Figura 18. Polígonos de influência de cada estação de amostragem, Função ALOCAÇÃO.....	8
Figura 19. Assinatura da classe de contaminação do ponto de amostragem a cada polígono de influência. ....	8
Figura 20. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 21. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline</i> T.....	8
Figura 22. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline</i> R. ....	8

Figura 23. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>KRIGING</i> Normal (ordinário) –esférico. ....	8
Figura 24. erro <i>KRIGING</i> Normal (ordinário) - esférico – Valor da CLASSE. ....	8
Figura 25. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>KRIGING</i> Normal (ordinário) –exponencial. ....	8
Figura 26. erro <i>KRIGING</i> Normal (ordinário) - exponencial – Valor da CLASSE. ....	8
Figura 27. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>KRIGING</i> Normal (ordinário) -gaussiano. ....	8
Figura 28. erro <i>KRIGING</i> Normal (ordinário) - gaussiano – Valor da CLASSE. ....	8
Figura 29. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>KRIGING</i> Normal (ordinário) -linear. ....	8
Figura 30. erro <i>KRIGING</i> Normal (ordinário) - linear – Valor da CLASSE. ....	8
Figura 31. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>KRIGING</i> Universal Linear – linear. ....	8
Figura 32. erro <i>KRIGING</i> Universal Linear – linear - Valor da CLASSE. ....	8
Figura 33. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW. ....	8
Figura 34. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> . ....	8
Figura 35. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> . ....	8
Figura 36. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS. ....	8
Figura 37. ERRO-KRIG-OS. ....	8
Figura 38. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE. ....	8
Figura 39. ERRO-KRIG-OE. ....	8
Figura 40. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG. ....	8
Figura 41. ERRO-KRIG-OG. ....	8
Figura 42. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL. ....	8
Figura 43. ERRO-KRIG-OL. ....	8
Figura 44. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL. ....	8
Figura 45. ERRO-KRIG-UL. ....	8
Figura 46. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW. ....	8
Figura 47. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> . ....	8
Figura 48. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> . ....	8

Figura 49. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.....	8
Figura 50. ERRO-KRIG-OS.....	8
Figura 51. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.....	8
Figura 52. ERRO-KRIG-OE.....	8
Figura 53. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG .....	8
Figura 54. ERRO-KRIG-OG .....	8
Figura 55. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL .....	8
Figura 56. ERRO-KRIG-OL .....	8
Figura 57. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL .....	8
Figura 58. ERRO-KRIG-UL .....	8
Figura 59. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 60. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 61. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 62. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.....	8
Figura 63. ERRO-KRIG-OS.....	8
Figura 64. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.....	8
Figura 65. ERRO-KRIG-OE.....	8
Figura 66. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG .....	8
Figura 67. ERRO-KRIG-OG .....	8
Figura 68. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL .....	8
Figura 69. ERRO-KRIG-OL .....	8
Figura 70. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL .....	8
Figura 71. ERRO-KRIG-UL .....	8
Figura 72. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 73. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 74. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> .....	8

Figura 75. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.....	8
Figura 76. ERRO-KRIG-OS.....	8
Figura 77. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.....	8
Figura 78. ERRO-KRIG-OE.....	8
Figura 79. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG .....	8
Figura 80. ERRO-KRIG-OG .....	8
Figura 81. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL .....	8
Figura 82. ERRO-KRIG-OL .....	8
Figura 83. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL .....	8
Figura 84. ERRO-KRIG-UL .....	8
Figura 85. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 86. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 87. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 88. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.....	8
Figura 89. ERRO-KRIG-OS.....	8
Figura 90. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.....	8
Figura 91. ERRO-KRIG-OE.....	8
Figura 92. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG .....	8
Figura 93. ERRO-KRIG-OG .....	8
Figura 94. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL .....	8
Figura 95. ERRO-KRIG-OL .....	8
Figura 96. KRIG-UL.....	8
Figura 97. ERRO-KRIG-UL .....	8
Figura 98. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 99. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 100. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> .....	8

Figura 101. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.....	8
Figura 102. ERRO-KRIG-OS.....	8
Figura 103. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.....	8
Figura 104. ERRO-KRIG-OE.....	8
Figura 105. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG.....	8
Figura 106. ERRO-KRIG-OG.....	8
Figura 107. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL.....	8
Figura 108. ERRO-KRIG-OL.....	8
Figura 109. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL.....	8
Figura 110. ERRO-KRIG-UL.....	8
Figura 111. Superfície de interpolação do valor de concentração de Ni nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 112. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 113. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 114. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.....	8
Figura 115. ERRO-KRIG-OS.....	8
Figura 116. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.....	8
Figura 117. ERRO-KRIG-OE.....	8
Figura 118. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG.....	8
Figura 119. ERRO-KRIG-OG.....	8
Figura 120. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL.....	8
Figura 121. ERRO-KRIG-OL.....	8
Figura 122. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL.....	8
Figura 123. ERRO-KRIG-UL.....	8
Figura 124. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 125. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 126. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> .....	8

Figura 127. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.....	8
Figura 128. ERRO-KRIG-OS .....	8
Figura 129. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.....	8
Figura 130. ERRO-KRIG-OE .....	8
Figura 131. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG .....	8
Figura 132. ERRO-KRIG-OG.....	8
Figura 133. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL .....	8
Figura 134. ERRO-KRIG-OL.....	8
Figura 135. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL .....	8
Figura 136. ERRO-KRIG-UL.....	8
Figura 137. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.....	8
Figura 138. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 139. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 140. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.....	8
Figura 141. ERRO-KRIG-OS .....	8
Figura 142. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.....	8
Figura 143. ERRO-KRIG-OE .....	8
Figura 144. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG .....	8
Figura 145. ERRO-KRIG-OG.....	8
Figura 146. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL .....	8
Figura 147. ERRO-KRIG-OL.....	8
Figura 148. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL .....	8
Figura 149. ERRO-KRIG-UL.....	8
Figura 150. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 151. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 152. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8

Figura 153. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 154. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação KRIG-OE .....	8
Figura 155. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 156. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 157. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 158. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 159. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -T.....	8
Figura 160. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -R .....	8
Figura 161. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 162. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OE.....	8
Figura 163. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 164. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 165. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 166. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação IDW.....	8
Figura 167. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -T .....	8
Figura 168. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -R.....	8
Figura 169. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 170. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OE .....	8
Figura 171. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OG .....	8
Figura 172. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OL.....	8
Figura 173. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-UL .....	8



Figura 174. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação IDW.....	8
Figura 175. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 176. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> .....	8
Figura 177. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-OS.....	8
Figura 178. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-OE.....	8
Figura 179. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 180. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-OL.....	8
Figura 181. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 182. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação IDW.....	8
Figura 183. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 184. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 185. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OS.....	8
Figura 186. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OE.....	8
Figura 187. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 188. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OL.....	8
Figura 189. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 190. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cu, obtida a partir da interpolação IDW.....	8
Figura 191. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 192. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 193. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OS.....	8
Figura 194. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OE.....	8

Figura 195. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 196. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 197. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 198. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 199. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -T.....	8
Figura 200. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -R .....	8
Figura 201. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 202. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-OE .....	8
Figura 203. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 204. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 205. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 206. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 207. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -T.....	8
Figura 208. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -R .....	8
Figura 209. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 210. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-OE .....	8
Figura 211. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 212. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 213. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 214. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 215. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação <i>Spline</i> -T.....	8

Figura 216. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 217. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 218. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação KRIG-OE .....	8
Figura 219. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 220. KRIG-OL .....	8
Figura 221. KRIG-UL .....	8
Figura 222. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 223. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 224. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 225. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 226. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-OE .....	8
Figura 227. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 228. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 229. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 230. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 231. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 232. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 233. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 234. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-OE .....	8
Figura 235. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 236. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 237. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8

Figura 238. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 239. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 240. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 241. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-OS.....	8
Figura 242. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-OE.....	8
Figura 243. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 244. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 245. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 246. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 247. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 248. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 249. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OS.....	8
Figura 250. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OE.....	8
Figura 251. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 252. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 253. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8
Figura 254. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 255. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 256. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 257. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OS.....	8
Figura 258. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OE.....	8

Figura 259. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OG .....	8
Figura 260. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OL .....	8
Figura 261. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-UL .....	8
Figura 262. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação IDW .....	8
Figura 263. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação <i>Spline-T</i> .....	8
Figura 264. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação <i>Spline-R</i> .....	8
Figura 265. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OS .....	8
Figura 266. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OE .....	8
Figura 267. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OG.....	8
Figura 268. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OL.....	8
Figura 269. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-UL.....	8

## **ANEXO 1 - ENTREVISTAS**

### **TESTEMUNHO DO IPTM**

Foram entrevistados dois técnicos, o Dr. Gilberto Paixão (Geólogo) e o Eng. Santos Ferreir (Eng. Civil), da Direcção de Projecto e Gestão de Obras Portuárias do IPTM, que promoveu as tentativas de implementação do SIG. Um dos técnicos, Eng.º Civil, esteve directamente envolvido numa das tentativas. O outro, Geólogo, externo ao processo, conhece bem as realidades da organização e é um elemento que pode vir a fornecer informação para o sistema e ainda ser um potencial utilizador do SIG.

a) O Eng.º Civil que esteve envolvido nos projectos de implementação do SIG informou terem sido três as tentativas feitas desde 1996. Qualquer dessas tentativas tinha por objectivo fazer o cadastro e a organização de toda a informação portuária. Duas dessas tentativas concretizaram-se em protocolos efectivamente assinados com organismos externos. A terceira tentativa, e mais recente, não foi formalmente estabelecida, mas apresenta-se como uma vontade que se mantém na casa, de montar o sistema. Pretende-se com os recursos humanos existentes, rentabilizar os esforços passados. Os dados adquiridos e produzidos pelo IPTM necessitam de ser organizados numa base de dados técnica, distinta da base de dados de gestão financeira existente neste tipo de organização pública.

Quanto às propostas concretas, a primeira teve início em 1996, quando a organização, então Direcção Geral de Portos, Navegação e Transportes Marítimos (DGPNTM), assinou um protocolo com o Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação (ISEGI), da Universidade Nova de Lisboa. O protocolo seria suportado por um projecto de obra a realizar no porto de Portimão. A obra era de dimensão suficientemente considerável para poder incluir um projecto-piloto de implementação de um SIG. Desta forma, o SIG seria utilizado na gestão do porto de Portimão e, posteriormente, alargado a outras áreas de jurisdição da DGPNTM, incluindo outros sectores de actividades.

Este primeiro projecto iniciou-se com a formação em *ArcInfo* e *ArcView* de pessoal designado pela DGPNTM, a conselho do ISEGI. Rapidamente os técnicos se aperceberam das dificuldades que iriam enfrentar no manuseamento destes programas e optaram por abandonar estes produtos e usar o *AutoCAD*. O *AutoCAD* era já dominado pela maioria dos técnicos e já estava prevista a obtenção de licenças deste programa para outros projectos. Nesta altura, a secção de engenharia geográfica responsável pela realização de levantamentos topo-hidrográficos e pela disponibilização de tecnologia às suas brigadas,

começava a informatizar os seus dados. Assim, necessitavam também das licenças de AutoCAD para estes projectos.

A direcção da DGPNTM, definindo outro tipo de prioridades no planeamento das suas actividades, começou a dirigir os técnicos para outros projectos. Ainda que alguns elementos das chefias tivessem a noção de que a implementação de um SIG poderia ser útil, não incentivaram directamente o desenvolvimento do SIG. Os técnicos envolvidos nos projectos SIG, sempre demonstraram empenho no desenvolvimento desses projectos, nunca deixando de pensar neles como necessários à gestão portuária. Acreditaram sempre que desenvolvendo um projecto-piloto, sensibilizariam a administração para os benefícios da implementação de um sistema de informação.

Em 1998, na sequência do projecto anterior, foi realizada uma segunda tentativa de implementar um SIG. Foi contactado o CNIG para dirigir o projecto e recorreu-se ainda a um consultor externo privado, que ajudaria a DGPNTM a carregar a base de dados de acordo com as indicações do CNIG. Estabeleceu-se então um acordo em que o CNIG forneceria orientação técnica e um estagiário para a elaboração de uma base de dados (em SQL). Esta base de dados, não estando directamente relacionada com o apoio às tomadas de decisão (pelo menos de início), visava permitir a integração do cadastro portuário num SIG. A DGPNTM seria responsável por disponibilizar a informação portuária na *Internet*, com vários níveis de restrição.

Uma das grandes vantagens deste projecto seria não só o respectivo cadastro de toda a área de jurisdição portuária (saber o que se tem e onde se tem), como também disponibilizar essa informação a outras entidades.

Esta tentativa foi também desenvolvida no sentido de implementar o projecto numa plataforma em *AutoCAD*, mas não teve êxito porque depois de estar pronta a base de dados, o estagiário saiu, e outras pessoas envolvidas foram sendo integradas em outros projectos ou saíram da instituição. Isto coincidiu com uma alteração na gestão do sector portuário (ao nível da administração central), e a passagem da DGPNTM a Instituto Marítimo e Portuário (IMP). O IMP seria uma entidade com competências funcionais distintas da anterior Direcção Geral.

Entretanto, o IMP, em 2002 sofre nova transformação, fundindo-se com outros organismos, passando a ter novas estruturas organizacionais e novas competências no domínio portuário e passando a designar-se IPTM.

b) Quanto ao Geólogo entrevistado, que foi tomando conhecimento das iniciativas desenvolvidas ao longo do tempo, a sua visão é de que o fracasso destes projectos se relaciona com "mal entendidos entre a administração (insuficientemente esclarecida) e técnicos (do IMP) que não tinham perspectiva técnica suficiente para implementar um sistema desses. Era fácil encontrar financiamento do estado para comprar *software* e *hardware* para montar um SIG. O que não seria fácil era preparar e formar pessoal para, de maneira contínua, manter o SIG a funcionar."

Este técnico considera que o IPTM possui dados valiosíssimos herdados das instituições anteriores, existindo um desfasamento em termos técnicos porque o IPTM não tem muita informação informatizada. Outro desfasamento tem a ver com o facto de ter havido alterações ao nível organizacional, que tiveram implicações directas nas decisões face ao SIG. "O IMP perdeu jurisdição relativamente à Direcção Geral. Neste sentido, o SIG não foi considerado prioritário. Quando se forma o IPTM, em 2002, pela fusão de vários organismos, um SIG volta a ser um assunto de maior importância porque há informação (maior jurisdição de mais áreas)".

Na opinião deste técnico, para que o SIG, seja implementado, deve ser criada uma estrutura nova, que não se pode encaixar em qualquer dos departamentos existentes, isto por falta de recursos em pessoal e de experiência dentro de cada departamento. O SIG deveria servir essencialmente para actualização de dados, arquivo de dados, catalogação dos mesmos. "Não tem hipótese no apoio à decisão (só faria sentido numa fase de maior maturidade)". Será sempre importante verificar se os dados são de confiança ao ponto de serem utilizados para apoiar a decisão. "A decisão baseia-se na confidencialidade. Não trabalhamos num sistema aberto de informação. Trabalhamos com um volume de informação relativamente reduzido (comparando por exemplo com o INAG), pelo que um SIG nunca foi uma prioridade. Por exemplo: os departamentos de informática criaram-se, instalaram-se computadores, mas depois funcionam à margem do resto da organização. Se não se tiver cuidado, quando se criar um departamento SIG, corre-se o risco de acontecer o mesmo: não há coordenação nem integração da informação."

Na opinião deste técnico é importante equacionar bem as reais necessidades e considerar sempre o trabalho já feito, porque algumas delegações do IPTM (por exemplo: Algarve e Norte) já arrancaram com projectos desses. Deve ser criada uma estrutura de integração do que já há feito. Além disso, é preciso que toda a estrutura do IPTM trabalhe com sistemas operativos actualizados e uniformizados. Quando se decide instalar um SIG, há que começar por avaliar os sistemas existentes (em todos os departamentos e todos os serviços). Fazer levantamento do que faz falta completar e que contactos se devem manter



e formalizar (ao nível nacional e internacional, empresas públicas e privadas). Depois do diagnóstico, há que perguntar à tutela até quanto está disposta a investir, para se saber até quanto se pode gastar para avaliar a dimensão da estrutura a criar (espaços, pessoal, etc.). Contactar em cada sector quem é que pode ser um futuro utilizador do SIG. O sistema tem de se adequar às pessoas que existem no instituto para haver uma perspectiva de futuro. "Há que ter uma ideia à partida até quando se pode crescer, expandir, numa perspectiva de 5 a 10 anos. Reavaliar a decisão, depois deste estudo mais aprofundado, relativamente a administração querer ou não instalar o SIG".

### **TESTEMUNHO DO ISEGI**

A entidade externa contactada pelo IPTM para a primeira tentativa de implementação do SIG foi o Instituto Superior de Estatística e Gestão da Informação (ISEGI), estabelecimento de ensino superior da Universidade Nova de Lisboa. Foram entrevistadas duas pessoas deste Instituto que estiveram envolvidas no processo, o Professor Doutor Marco Painho e Dr. Pedro Cabral.

Foi assinado um protocolo entre o ISEGI e o IPTM para a realização de um projecto de SIG que visaria a gestão portuária a partir do cadastro do IPTM. Neste protocolo não estavam incluídos quaisquer projectos, como a organização de outro tipo de informação produzida pelo organismo.

A formação de técnicos do IPTM em *ArcView* e em *ArcInfo* foi realizada no ISEGI. No entanto e, contrariamente ao que foi proposto pelo ISEGI, o IPTM adquire *software AutoCAD*.

Na sequência desta alteração, um técnico do ISEGI chegou a ter formação em *AutoCAD* no sentido de poder acompanhar o projecto no âmbito do protocolo. Mas depois o desinteresse demonstrado pelo IPTM sugeriu que poderiam existir alguns conflitos interdepartamentais. O facto de o IPTM não ter aceite a proposta feita pelo ISEGI, no sentido de adquirir equipamento e *software* específico de SIG, deixou a impressão de que se poderia estar a adquirir material para projectos de outra natureza.

Segundo a opinião dos entrevistados, a questão fundamental para o insucesso do SIG no DGPNTM prendeu-se com factores humanos. Foi notada alguma vontade por parte dos técnicos em realizar o projecto, mas foi também notória a falta de capacidade da direcção da DGPNTM em conduzir o processo a bom termo. A imagem com que o ISEGI ficou desta Direcção Geral foi a de uma instituição onde a gestão dos recursos humanos não é a melhor e onde o corpo executivo não demonstrou capacidade de administração, pelo menos neste projecto.

## ANEXO 2 - METADADOS

### IDENTIFICAÇÃO:

Referência:

Elementos de referência:

Autor:

Data\_de\_Publicação:

Título:

Edição:

Descrição:

Resumo:

Objectivo:

Domínio temporal:

Elementos do período de tempo:

Data/Hora\_Única:

Data:

Referência\_do\_Período\_de\_Tempo:

Estado:

Progresso:

Frequência\_de\_Manutenção\_e\_Actualização:

Domínio Espacial:

Coordenadas\_Limítrofes:

Coordenada\_Limítrofe\_Oeste:

Coordenada\_Limítrofe\_Este:

Coordenada\_Limítrofe\_Norte:

Coordenada\_Limítrofe\_Sul:

..... Superfície\_limítrofe:

Palavras\_Chave:

Tema:

Palavra\_Chave\_de\_Tema: cartografia digital

Restrições\_de\_Acesso: Definidas pelo IPTM

Restrições\_de\_Uso: Definidas pelo IPTM

....Amostra/Descrição\_do\_Ficheiro da\_Figura\_Ilustrativa:

....Conjunto\_de\_dados\_geográficos \_relacionados:

### QUALIDADE DOS DADOS:

...Relatório\_sobre\_qualidade\_do\_conjunto\_dedados\_geográficos:

...Parâmetros\_de\_qualidade:

Historial:

Fonte:

Referência\_da\_Fonte:

Autor:

Data\_de\_Publicação:

Título:

Edição:

Módulo\_de\_Escala\_da\_Fonte:

Suporte\_Físico\_da\_Fonte:

Domínio\_Temporal\_da\_Fonte:

Intervalo de Data/Hora:

Data\_Inicial:

Data\_Final:

Abreviatura\_de\_Referência\_da\_Fonte:

Contribuição\_da\_Fonte:

Processo:

Descrição\_do\_Processo:

Abreviatura\_de\_Referência\_da\_Fonte\_Utilizada:

Data\_do\_Processo:

Contacto\_do\_Processo:

Contacto\_Geral:

Contacto\_Pessoal:

## SISTEMA\_DE\_REFERÊNCIAÇÃO\_ESPACIAL

..Sistema\_de\_posicionamento\_indirecto:

..Sistema\_de\_posicionamento\_directo:

...Designação\_do\_datum\_geodésico: Datum Lisboa

...Designação\_do\_elipsóide\_de\_referência: Hayford-Internacional

....Designação\_do\_sistema\_de projecção: Gauss (origem do referencial Ponto Central)

....Designação\_do\_datum\_altimétrico: Marégrafo de Cascais

## DEFINIÇÃO\_DE\_DADOS

..Nome\_do\_tipo\_de\_entidade:

..Designação\_do\_tipo\_de\_entidade:

..Nome\_do\_atributo:

..Designação\_do\_tipo\_de\_atributo:

ELEMENTOS\_DE\_REFERÊNCIA\_DOS\_METADADOS:

Data\_dos\_Metadados:

Data/Hora\_Unica:

Data:

Contacto\_dos\_Metadados:

Contacto\_Geral:

Contacto\_Pessoal:

Endereço\_do\_Contacto:

Endereço:

Cidade:

Código\_Postal:

Telefone:

Fax:

Correio\_Electrónico:

Nome\_da\_Norma\_de\_Metadados: *Content Standard for Digital Geospatial Metadata*  
(FGDC, 1998)

Versão\_da\_Norma\_de\_Metadados: adaptada de *FGDC-STD-001-1998* (Disponível em  
URL: [http://www.fgdc.gov/standards/documents/standards/metadata/v2\\_0698.pdf](http://www.fgdc.gov/standards/documents/standards/metadata/v2_0698.pdf))

## ANEXO 3 – MODELO CONCEPTUAL – BASE DE DADOS

### 3.1- DERIVAR TABELAS

#### 3.1.1- DERIVAR AS TABELAS: PROMOTOR – LOCAL – SONDAGEM GEOLÓGICA

Cada sondagem geológica é realizada num local e é efectuada por uma entidade promotora, como se esquematiza na Figura 1. Como se pode depreender cada sondagem geológica pode ter várias linhas, cada uma solicitando um local e promotor distinto, o que significa que o conjunto local e promotor se vai repetir várias vezes na entidade sondagem geológica.



Figura 1. Diagrama das relações entre as entidades Promotor, Sondagem Geológica e Local.

São observadas relações de um-para-muitos (1:M) entre as entidades Local - Sondagem Geológica e Promotor - Sondagem geológica, tendo-se optado pela modelação entre as entidades pela derivação de uma tabela que representa e traduz essa relação, criando-se uma nova entidade e três relações de um-para-muitos (1:M), que são adicionadas ao diagrama EAR, como se representa na Figura 2 e Tabela 1.

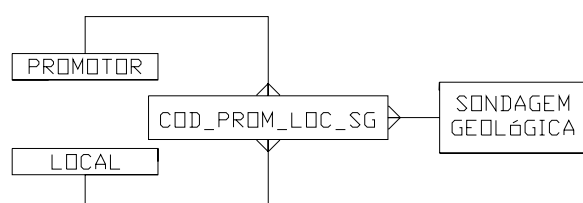


Figura 2. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas.

Tabela 1 - tabelas das entidades definidas (A), (B) e (C) e respectiva tabela derivada (D)

ENTIDADE PROMOTOR		
<u>ID_Promotor</u>	Promotor_Acronimo	Promotor_nome

(A)

ENTIDADE SONDAGEM GEOLOGICA		
<u>ID_SG</u>	nSG	etc

(C)

ENTIDADE LOCAL	
<u>ID_Local</u>	Local_Nome

(B)

ENTIDADE COD_PROM_LOC_SG		
ID_Promotor	ID_Local	<u>ID_SG</u>

(D)

### 3.1.2- DERIVAR AS TABELAS: PROMOTOR – LOCAL – LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO

Cada LevantamentoTopo-Hidrográfico é realizado num local e é efectuada por uma entidade promotora (Figura 3). Como se pode depreender cada Levantamento Topo-Hidrográfico pode ter várias linhas, cada uma solicitando um local e promotor distinto, o que significa que o conjunto local e promotor se vai repetir várias vezes na entidade Levantamento Topo-Hidrográfico.



Figura 3. Diagrama das relações entre as entidades Promotor, Levantamento Topo-hidrográfico e Local.

São observadas relações de um-para-muitos (1:M) entre as entidades Local - Levantamento Topo-Hidrográfico e Promotor - Levantamento Topo-hidrográfico, tendo-se optado pela modelação entre as entidades pela derivação de uma tabela que representa e traduz essa relação, criando-se uma nova entidade e três relações de um-para muitos (1:M), que são adicionadas ao diagrama EAR, como se representa na Figura 4 e Tabela 2.

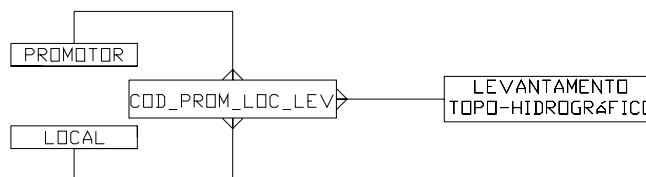


Figura 4. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas.

Tabela 2 - tabelas das entidades definidas (A), (B) e (C) e respectiva tabela derivada (D).

ENTIDADE PROMOTOR		
<u>ID_Promotor</u>	Promotor_Acrônimo	Promotor_nome

(A)

ENTIDADE LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO		
<u>ID_Levantamento</u>	Zona Portuária	etc

(C)

ENTIDADE LOCAL	
<u>ID_Local</u>	Local_Nome

(B)

ENTIDADE COD_PROM_LOC_SG		
ID_Promotor	ID_Local	<u>ID_Levantamento</u>

(D)

### 8.1.1 3.1.3- DERIVAR AS TABELAS: PROMOTOR – LOCAL – ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM

Cada Estação de Amostragem é definida num local e é definida por uma entidade promotora (Figura 5). Como se pode depreender cada Estação de Amostragem pode ter

várias linhas, cada uma solicitando um local e promotor distinto, o que significa que o conjunto local e promotor se vai repetir várias vezes na entidade Estação de Amostragem.



Figura 5. Diagrama das relações entre as entidades Promotor, Estação de Amostragem e Local.

São observadas relações de um-para-muitos (1:M) entre as entidades Local – Estação de Amostragem e Promotor – Estação de Amostragem, tendo-se optado pela modelação entre as entidades pela derivação de uma tabela que representa e traduz essa relação, criando-se uma nova entidade e três relações de um-para muitos (1:M), que são adicionadas ao diagrama EAR, como se representa na Figura 6 e Tabela 3.

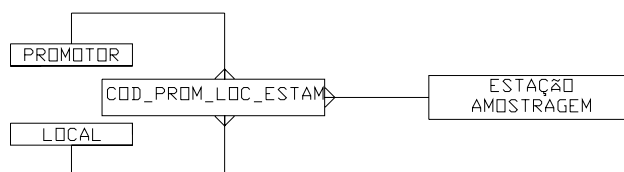


Figura 6. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas.

Tabela 3 - tabelas das entidades definidas (A), (B) e (C) e respectiva tabela derivada (D)

ENTIDADE PROMOTOR		
<u>ID_Promotor</u>	Promotor_Acrônimo	Promotor_nome

(A)

ENTIDADE ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM		
<u>ID_Levantamento</u>	Zona	etc
	Portuária	

(C)

ENTIDADE LOCAL	
<u>ID_Local</u>	Local_Nome

(B)

ENTIDADE COD_PROM_LOC_ESTAM		
ID_Promotor	ID_Local	<u>ID_ESTAM</u>

(D)

### 3.1.4- DERIVAR AS TABELAS: LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO – SONDAAGEM GEOLÓGICA

Neste caso as entidades possuem uma relação do tipo vários-para-vários (M:N), Figura 7.

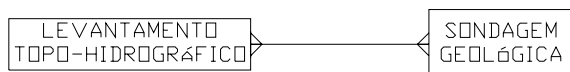


Figura 7. Diagrama das relações entre as entidades Levantamento Topo-hidrográfico e Sondagem Geológica.

Donde se optou por se criar uma tabela adicional para definir estas relações, resultando na criação de uma nova entidade (que traduz a relação) e, de duas relações do tipo um-para-vários (1:M), que são adicionadas ao diagrama EAR, como se representa na Figura 8 e Tabela 3.



Figura 8. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas.

Tabela 4 - tabelas das entidades definidas (A) e (C) e respectiva tabela derivada (B)

ENTIDADE LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO			ENTIDADE COD_LEVANTAMENTO_SG		ENTIDADE SONDAGEM GEOLÓGICA		
<u>ID_Levantamento</u>	Zona Portuária	etc	ID_ Levantamento	<u>ID_SG</u>	<u>ID_SG</u>	nSG	etc
(A)			(B)		(C)		

### 3.1.5- DERIVAR AS TABELAS: LEVANTAMENTO TPO-HIDROGRÁFICO – ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM

Neste caso as entidades possuem uma relação do tipo vários-para-vários (M:N), Figura 9.

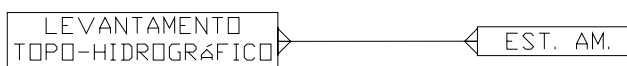


Figura 9. Diagrama das relações entre as entidades Levantamento Topo-hidrográfico e Estação de Amostragem.

Donde se optou por se criar uma tabela adicional para definir estas relações, resultando na criação de uma nova entidade (que traduz a relação) e de duas relações do tipo um-para-vários (1:M), que são adicionadas ao diagrama EAR, como se representa na Figura 10 e Tabela 5.



Figura 10. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas.

Tabela 5 - tabelas das entidades definidas (A) e (C) e respectiva tabela derivada (B)

ENTIDADE LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO			ENTIDADE COD_LEVANTAMENTO_ESTAM		ENTIDADE ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM		
<u>ID_Levantamento</u>	Zona Portuária	etc	ID_ Levantamento	<u>ID_EstAm</u>	<u>ID_EstAm</u>	n_EstAm	etc
(A)			(B)		(C)		

### 3.1.6- DERIVAR AS TABELAS: SONDAGEM GEOLÓGICA – ENSAIO SPT

Neste caso as entidades possuem uma relação do tipo um-para-vários (1:M), Figura 11.





Figura 11. Diagrama das relações entre as entidades Sondagem Geológica e Ensaio SPT (ensaios geomecânico).

Ainda que as entidades possuam uma relação (1:M), no entanto, para caracterizar devidamente a entidade Ensaio\_SPT, para além da informação contida na entidade Sondagem Geológica, é também necessária a informação contida nas entidades Local e Promotor. Assim, optou-se por se criar uma tabela adicional para definir esta relação, resultando na criação de uma nova entidade (que traduz a relação) e duas relações do tipo um-para-vários (1:M), são adicionadas ao diagrama EAR, como se representa na Figura 12 e Tabela 6.

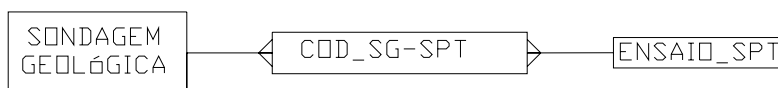


Figura 12. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas.

Tabela 6 - tabelas das entidades definidas (A) e (C) e respectiva tabela derivada (B)

ENTIDADE SONDAGEM GEOLÓGICA				ENTIDADE COD_SG-SPT		ENTIDADE ENSAIO_SPT			
<u>ID_Local</u>	<u>ID_SG</u>	nSG	etc	ID_SG	<u>ID_SPT</u>	<u>ID_SPT</u>	SPT_COTA	1ª FASE	etc.
(A)				(B)		(C)			

### 3.1.7- DERIVAR AS TABELAS: SONDAGEM GEOLÓGICA – LITOLOGIA – PROFUNDIDADE

Neste caso as entidades possuem uma relação do tipo vários-para-vários (M:N), Figura 13.

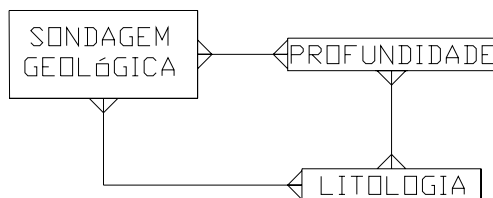


Figura 13. Diagrama das relações entre as entidades Sondagem Geológica, Profundidade e Litologia.

Donde se optou por se criar uma tabela adicional para definir estas relações, resultando na criação de uma nova entidade (que traduz a relação) e de três relações do tipo um-para-

vários (1:M), que são adicionadas ao diagrama EAR, como se representa na Figura 14 e Tabela 7.

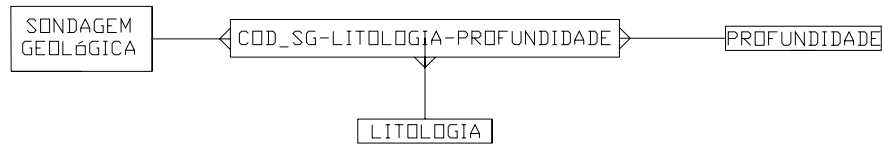


Figura 14. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas.

Tabela 7 - tabelas das entidades definidas (A), (B) e (C) e respectiva tabela derivada

ENTIDADE SONDAGEM GEOLÓGICA		
ID_SG	nSG	etc

(A)

ENTIDADE PROFUNDIDADE	
ID_Profundidade	Prof_cota

(C)

ENTIDADE LITOLOGIA	
ID_litologia	Litologia nome

(B)

ENTIDADE COD_SG_LITOLOGIA_PROFUNDIDADE		
ID_SG	ID_litologia	ID_Profundidade

(D)

### 3.1.8- DERIVAR AS TABELAS: ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM – AMOSTRA

Neste caso as entidades possuem uma relação do tipo um-para-vários (1:M), Figura 15.



Figura 15. Diagrama das relações entre as entidades Sondagem Geológica, Profundidade e Litologia.

Ainda que as entidades possuam uma relação (1:M), no entanto, para caracterizar devidamente a entidade Amostra, para além da informação contida na entidade Estação de Amostragem, é também necessária a informação contida nas entidades Local e Promotor. Assim, optou-se por se criar uma tabela adicional para definir esta relação, resultando na criação de uma nova entidade (que traduz a relação) e duas relações do tipo um-para-vários (1:M), são adicionadas ao diagrama EAR, como se representa na Figura 16 e Tabela 8.



Figura 16. Diagrama das relações entre as entidades definidas, com a derivação das respectivas tabelas.

Tabela 8 - tabelas das entidades definidas (A) e (C) e respectiva tabela derivada (B)

ENTIDADE ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM			ENTIDADE COD_ESTAM_AMOSTRA		ENTIDADE AMOSTRA		
<u>ID_EstAm</u>	n_EstAm	etc	ID_EstAm	<u>ID_Amostra</u>	<u>ID_Amostra</u>	Cota_colheita	Etc
(A)			(B)		(C)		

### 3.2- CÓDIGO SQL

Foi usado neste trabalho o motor de base de dados MS Access, também conhecido comercialmente por Microsoft® Jet SQL.

O Microsoft Access é um sistema de bases de dados relacionais gráfico. É poderoso e flexível permitindo guardar os dados conforme desejado e definir relações entre os dados.

Na manipulação dos dados, recorre-se à linguagem SQL para implementar os conceitos definidos no modelo relacional. Esta linguagem realiza um conjunto de tarefas através de uma linguagem simples, de fácil aprendizagem e implementação, sendo por isso, uma linguagem considerada *standard* dos Sistemas Gestores de Base de Dados Relacionais (SGBDR), e por isso integrada em qualquer produto de qualquer fabricante (Damas, 1999).

Os comandos da linguagem SQL, correspondem a instruções que pretendem manipular ou aceder aos dados existentes na base de dados (Damas, 1999).

A utilização da linguagem SQL (*standard* internacional) reduz as incompatibilidades entre os sistemas, permitindo:

- CRIAR, ALTERAR, REMOVER – todas as componentes de uma Base de Dados, como tabelas, *views*, índices, etc.
- INSERIR, ALTERAR, APAGAR – dados.
- INTERROGAR A BASE DE DADOS.
- Obter a garantia da CONSISTÊNCIA e INTEGRIDADE dos DADOS.
- CONTROLAR o ACESSO dos utilizadores à Base de Dados.

#### CRIAR TABELAS

A criação das tabelas, apresentadas no Modelo Físico da Base de Dados, foi realizada através das instruções da linguagem SQL, que recorre ao comando CREATE TABLE.

Para a execução do comando CREATE TABLE é necessário indicar qual o nome da Tabela e, para cada uma das colunas, o nome da coluna e o respectivo tipo de dados.

A sintaxe básica do comando é:

```

CREATE table nome_tabela (nome_da_coluna tipo_da_coluna[ ] ).....
[Primary key (nome_da_coluna[,nome_da_coluna[,...]])]
[foreing key[nome_da_chave] (nome_da_coluna[,nome_da_coluna[,...]])
referencas nome_da_tabela)

```

Este comando permite criar a tabela (entidade ou relação) e as suas colunas (atributos), que armazenam um definido tipo de dados bem específico, pois o tipo de informação a armazenar em cada uma das colunas pode ser do tipo distinta. Podem ser indicadas as características de cada uma das colunas, que valores admitir, incluindo se admite ou não o valor nulo. O conjunto de informação a armazenar, pode ainda, ser agrupada em conjuntos com as mesmas características.

### **TIPO DE DADOS**

Na linguagem SQL os dados podem ser agrupados em 3 tipos:

1. dados alfanuméricos (*string*)
2. dados numéricos
3. dados relacionados com Tempo e/ou datas

Na modelação das entidades, através da linguagem SQL, no motor de base de dados MS Access, admitiram-se os seguintes tipos de dados:

TIPO DE DADOS	DESCRIÇÃO
CHAR(n)	String de comprimento fixo (n>0)
INTEGER	Número inteiro
REAL	Número real, admite números decimais
DATE	Data

### **RESTRIÇÕES**

No entanto os valores de cada uma das colunas devem ainda de obdecer a regras, sendo para isso definidas restrições (*CONSTRAINT*) aos valores de cada coluna. A utilização de restrições é a única garantia de que os dados existentes nas colunas estão de acordo com as regras especificadas no desenho da base de dados.

Assim as principais restrições usadas na criação das tabelas da base de dados foram respectivamente:

TIPO DE RESTRIÇÃO	DESCRIÇÃO
NOT NULL	Impede a introdução de valores nulos
UNIQUE	Permite indicar que os valores dessa coluna não se podem repetir
PRIMARY KEY	O conteúdo da coluna ou colunas não pode ser nulo e não pode admitir repetições. Numa tabela apenas pode existir uma PRIMARY KEY. Esta cláusula é utilizada para indicar qual a chave primária da tabela
REFERENCES	Permite fazer a validação das chaves estrangeiras. Impede que se possam introduzir nos campos referenciados como chave estrangeira, valores que não existam na tabela onde os campos são chave primária.

As instruções SQL usadas para criar as tabelas do Modelo Físico da base de dados na interface Access apresentam-se seguidamente.

#### CRIAR A TABELA DA ENTIDADE PROMOTOR

**PROMOTOR** (ID\_Promotor, Acronimo\_Promotor, Nome\_Promotor)

```
CREATE TABLE Promotor
(
  ID_Promotor INTEGER PRIMARY KEY,
  Acronimo_Promotor CHAR(15) NOT NULL,
  Nome_Promotor CHAR(50) NOT NULL
);
```

#### CRIAR A TABELA DA ENTIDADE LOCAL

**LOCAL** (ID\_Local, Nome\_Local)

```
CREATE TABLE Local
(
  ID_Local INTEGER PRIMARY KEY,
  Nome_Local CHAR(50) NOT NULL
);
```

#### CRIAR A TABELA DA ENTIDADE SONDA GEM GEOLÓGICA:

**SONDAGEM GEOLÓGICA** (ID\_SG, zona Portuária, nSG, Cota\_Inicial, Cota\_Final, Ensaios\_Total, Amostras\_Total, coordena, coordena, Responsável)

```
CREATE TABLE SondagemGeologica
(
  ID_SG INTEGER PRIMARY KEY,
  ZonaPortuaria CHAR(50),
  nSG CHAR(15),
  Data DATETIME,
  Cota_inicial REAL,
  Cota_final REAL,
  Ensaios_total INTEGER,
  Amostras_total INTEGER,
  Coord_XX REAL,
  Coord_YY REAL,
  Responsável CHAR(50)
);
```

### **CRIAR A TABELA DA ENTIDADE LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO**

**LEVANTAMENTO TOPO-HIDROGRÁFICO** (ID\_Levantamento, Zona Portuária, Escala, Ano, Mês, Coord\_XX, Coord\_YY, nFicha\_Arquivo, Brigada, Responsável)

```
CREATE TABLE LevantamentoTopoHidrografico
(
  ID_Levantamento INTEGER PRIMARY KEY,
  ZonaPortuaria CHAR(50),
  Escala CHAR(15),
  Ano CHAR(15),
  Mes CHAR(15),
  Coord_XX REAL,
  Coord_YY REAL,
  nFicha_Arquivo CHAR(50),
  Brigada CHAR(50),
  Responsável CHAR(50)
);
```

### **CRIAR A TABELA DA ENTIDADE ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM**

**ESTAÇÃO DE AMOSTRAGEM** (ID\_ESTAM, nESTAM, Data, Tipo\_Colheita, Coord\_XX, Coord\_YY)

```
CREATE TABLE EstacaoAmostragem
(
  ID_ESTAM INTEGER PRIMARY KEY,
  nESTAM CHAR(15) NOT NULL,
  Data DATETIME NOT NULL,
  Coord_XX REAL NOT NULL,
  Coord_YY REAL NOT NULL
);
```

### **CRIAR A TABELA DA ENTIDADE COD\_PROM\_LOC\_SG**

**COD\_PROM\_LOC\_SG** (ID\_Promotor, ID\_Local, ID\_SG)

```
CREATE TABLE Cod_Prom_Loc_SG
(
  ID_Promotor INTEGER REFERENCES Promotor (ID_Promotor),
  ID_Local INTEGER REFERENCES Local (ID_Local),
  ID_SG INTEGER REFERENCES SondagemGeologica (ID_SG),
  CONSTRAINT pk_Cod_Prom_Loc_sg PRIMARY KEY (ID_Promotor, ID_Local, ID_SG)
);
```

**CRIAR A TABELA DA ENTIDADE COD\_PROM\_LOC\_LEV**

**COD\_PROM\_LOC\_LEV (ID\_Promotor, ID\_Local, ID\_Levantamento)**

```
CREATE TABLE Cod_Prom_Loc_Lev
(
  ID_Promotor INTEGER REFERENCES Promotor (ID_Promotor),
  ID_Local INTEGER REFERENCES Local (ID_Local),
  ID_Levantamento INTEGER REFERENCES LevantamentoTopoHidrografico (ID_Levantamento),
  CONSTRAINT pk_Cod_lev_sg PRIMARY KEY (ID_Promotor, ID_Local, ID_Levantamento)
);
```

**CRIAR A TABELA DA ENTIDADE COD\_PROM\_LOC\_ESTAM**

**COD\_PROM\_LOC\_ESTAM (ID\_Promotor, ID\_Local, ID\_ESTAM)**

```
CREATE TABLE Cod_Prom_Loc_Estam
(
  ID_Promotor INTEGER REFERENCES Promotor (ID_Promotor),
  ID_Local INTEGER REFERENCES Local (ID_Local),
  ID_ESTAM INTEGER REFERENCES EstacaoAmostragem (ID_ESTAM),
  CONSTRAINT pk_Cod_Prom_Loc_ESTAM PRIMARY KEY (ID_Promotor, ID_Local, ID_ESTAM)
);
```

**CRIAR A TABELA DA ENTIDADE COD\_LEVANTAMENTO\_SG**

**COD\_LEVANTAMENTO\_SG (ID\_Levantamento, ID\_SG)**

```
CREATE TABLE Cod_Levantamento_SG
(
  ID_SG INTEGER REFERENCES SondagemGeologica (ID_SG),
  ID_Levantamento INTEGER REFERENCES LevantamentoTopoHidrografico
(ID_Levantamento),
  CONSTRAINT pk_Cod_lev_sg PRIMARY KEY (ID_SG, ID_Levantamento)
);
```

**CRIAR A TABELA DA ENTIDADE ENSAIO SPT**

**ENSAIO SPT (ID\_SPT, Cota\_SPT, 1.ª Fase, 2.ª Fase, Litologia)**

```
CREATE TABLE EnsaioSPT
(
  ID_SPT INTEGER PRIMARY KEY,
  Cota_SPT REAL NOT NULL,
  1ªFase INTEGER NOT NULL,
  2ªFase INTEGER NOT NULL,
  Litologia CHAR(50)
);
```

**CRIAR A TABELA DA ENTIDADE COD\_SG\_SPT**

**COD\_SG\_SPT (ID\_SG, ID\_SPT)**

```
CREATE TABLE Cod_SG_SPT
(
  ID_SG INTEGER REFERENCES SondagemGeologica (ID_SG),
  ID_SPT INTEGER REFERENCES EnsaioSPT (ID_SPT),
  CONSTRAINT pk_Cod_SG_SPT PRIMARY KEY (ID_SG, ID_SPT)
);
```

**CRIAR A TABELA DA ENTIDADE AMOSTRA**

**AMOSTRA (ID\_Amostra, Cota\_Colheita, Densidade, %TOC, %Solidos Total, %Areia, %Silte, %Argila, Arsénio, Cádmio, Crómio, Cobre, Mercúrio, Chumbo, Níquel, Zinco, PCB, PAH, HCB, Classe\_Contaminação)**

```
CREATE TABLE Amostra
(
  ID_Amostra INTEGER PRIMARY KEY,
  Cota_Colheita REAL NOT NULL,
  Densidade REAL NOT NULL,
  TOC REAL NOT NULL,
  SolidosTotal REAL NOT NULL,
  Areia REAL NOT NULL,
  Silte REAL NOT NULL,
  Argila REAL NOT NULL,
  Arsenio REAL NOT NULL,
  Cadmio REAL NOT NULL,
  Cromio REAL NOT NULL,
  Cobre REAL NOT NULL,
  Mercurio REAL NOT NULL,
  Chumbo REAL NOT NULL,
  Niquel REAL NOT NULL,
  Zinco REAL NOT NULL,
  PCB REAL NOT NULL,
  PAH REAL NOT NULL,
  HCB REAL NOT NULL,
  CLASSE_Contaminação INTEGER NOT NULL
);
```

**CRIAR A TABELA DA ENTIDADE COD\_ESTAM\_AMOSTRA**

**COD\_ESTAM\_AMOSTRA (ID\_ESTAM, ID\_Amostra)**

```
CREATE TABLE Cod_ESTAM_Amostra
(
  ID_ESTAM INTEGER REFERENCES EstacaoAmostragem (ID_ESTAM),
  ID_Amostra INTEGER REFERENCES Amostra (ID_Amostra),
  CONSTRAINT pk_ESTAM_AMOSTRA PRIMARY KEY (ID_ESTAM, ID_Amostra)
);
```



#### CRIAR A TABELA DA ENTIDADE COD\_LEVANTAMENTO\_ESTAM

##### **COD\_LEVANTAMENTO\_ESTAM** (ID\_Levantamento, ID\_ESTAM)

```
CREATE TABLE Cod_Levantamento_Estam
(
  ID_ESTAM INTEGER REFERENCES EstacaoAmostragem (ID_ESTAM),
  ID_Levantamento INTEGER REFERENCES LevantamentoTopoHidrografico (ID_Levantamento),
  CONSTRAINT pk_Cod_Lev_Estam PRIMARY KEY ( ID_ESTAM, ID_Levantamento)
);
```

#### CRIAR A TABELA DA ENTIDADE LITOLOGIA

##### **LITOLOGIA** (ID\_Litologia, Nome\_Litologia)

```
CREATE TABLE Litologia
(
  ID_Litologia INTEGER PRIMARY KEY,
  Nome_Litologia CHAR(50) NOT NULL
);
```

#### CRIAR A TABELA DA ENTIDADE PROFUNDIDADE

##### **PROFUNDIDADE** (ID\_Profundidade, Prof\_Cota)

```
CREATE TABLE Profundidade
(
  ID_Profundidade INTEGER PRIMARY KEY,
  Prof_Cota REAL NOT NULL
);
```

#### CRIAR A TABELA DA ENTIDADE COD\_SG\_PROF\_LITOLOGIA

##### **COD\_SG\_PROF\_LITOLOG** (ID\_SG, ID\_Litologia, ID\_Profundidade)

```
CREATE TABLE Cod_SG_PROF_Litologia
(
  ID_SG INTEGER REFERENCES SondagemGeologica (ID_SG),
  ID_Litologia INTEGER REFERENCES Litologia (ID_Litologia),
  ID_Profundidade INTEGER REFERENCES Profundidade (ID_Profundidade),
  CONSTRAINT pk_SG_PROF_LITOL PRIMARY KEY (ID_SG, ID_Litologia, ID_Profundidade)
);
```

#### INSERIR DADOS

A inserção de dados nas tabelas, apresentadas no Modelo Físico da Base de Dados, foi realizada através das instruções da linguagem SQL, que recorre ao comando INSERT INTO.

```
INSERT INTO <tabela> [<campos>] [VALUES <valores>]
```

Todas as linhas que se pretendem inserir numa tabela têm de obedecer ao conjunto das restrições existentes para as colunas dessas tabelas.

Como exemplo aqui ficam algumas instruções em SQL que podem ser usadas para inserir os dados.

#### INSERIR DADOS NA TABELA PROMOTOR

**PROMOTOR** (ID\_Promotor, Acronimo\_Promotor, Nome\_Promotor)

```
(...)  
INSERT INTO Promotor (ID_Promotor, Acronimo_promotor,  
Nome_Promotor)  
VALUES ([Qual o valor ID?], [Qual o acronimo do promotor?],  
[Qual o nome do promotor?]);
```

#### CRIAR INDICES

Um índice é criado a partir de uma instrução SQL que fica armazenada num pequeno ficheiro com a posição das diferentes linhas de uma tabela, permitindo aos Sistemas Gestores de Bases de Dados Relacionais (SGBDR) localizarem directamente uma determinada linha, optimizando o tempo de resposta da Base de Dados.

O Microsoft Access cria automaticamente índices para as chaves primárias das tabelas. Mas indica-se a instrução SQL que lhe daria origem:

```
CREATE INDEX [unique] nome_do_indice  
ON nome_da_tabela(nome_da_coluna[,....])  
UNIQUE - indica que o índice não permitira valores repetidos para uma coluna  
especifica ou  
combinação de colunas.
```

#### CRIAR INDICE DA TABELA PROMOTOR

```
(...)  
CREATE INDEX IdxID_Promotor  
ON Promotor (ID_Promotor);
```

#### CONSULTAR OS DADOS

Carregada a base de dados, é então possível interrogar a base de dados, permitindo extrair informação a partir do conjunto de dados nela armazenados.

Neste caso recorre-se à instrução SELECT, cuja sintaxe básica de instrução é:

```
SELECT Campo1, Campo2, ..., *
FROM Tabela1, ..., Tabela_n
```

A interrogação de qualquer base de dados relacional faz-se sempre utilizando aquele comando, indicando o formato mínimo daquela instrução, quais as colunas a seleccionar de que tabela ou tabelas. A ordem pela qual as colunas são apresentadas é a ordem pela qual são colocadas na cláusula SELECT.

**Principais restrições usadas em associação com a cláusula SELECT**

TIPO DE RESTRIÇÃO	DESCRIÇÃO	OPERADORES	DESCRIÇÃO
WHERE	Permite restringir o número de linhas a apresentar pela introdução de uma condição	BETWEEN	Permite especificar intervalos de valores
		IN	Permite especificar conjuntos de valores
		LIKE	Permite resolver alguns problemas que existem quando se pretende comparar strings, permitindo fazer comparações de partes da string
GROUP BY	Agrupa informação, sendo os registos processados em grupos de características semelhantes, podendo ser utilizadas funções de agregação (SUM, Count, Max, Min,...) sobre cada um dos grupos		
ORDER BY	Ordenação dos valores: por coluna, por posição	ASC	Ordenação ascendente
		DESC	Ordenação descendente
DISTINCT	Elimina repetições existentes nas linhas resultants de um SELECT		

**Operadores usados**

OPERADORES UTEIS	DESCRIÇÃO
AND	Procura registos com ocorrências em cada campo para cada uma das condições estabelecidas
OR	Procura registos com pelo menos uma ocorrência em cada campo para qualquer uma das condições estabelecidas
NOT	Se verifica uma condição e não outra
{ }	Especifica caracteres ou símbolos

**LIGAÇÃO ENTRE TABELAS**

o modelo relacional estabelece claramente as regras de armazenamento de informação entre tabelas, de forma a evitar a duplicação de informação. Essa informação registada em cada uma das diferentes tabelas é ligada através das chaves estrangeiras definidas.

A chave estrangeira é o campo ou conjunto de campos existentes numa tabela, que permite ligar dados dessa tabela a uma outra tabela onde o conjunto de campos existe como chave primária.

A junção de duas ou mais tabelas faz-se através das chaves estrangeiras, e através das instruções da linguagem SQL recorre-se à cláusula JOIN.

### **Cláusulas utilizadas**

CLÁUSULA	DESCRIÇÃO
EQUI-JOIN	A ligação entre tabelas é realizada através da igualdade entre duas colunas, dando origem a duas colunas de conteúdos exactamente iguais
NATURAL JOIN	A ligação entre tabelas é realizada através da igualdade entre colunas sem que exista repetição de colunas na sua apresentação
INNER JOIN	Ligação entre tabelas que apresenta apenas os registos em que exista ligação entre as tabelas.
OUTER JOIN	Permite estender o conjunto de registos que é obtido do INNER JOIN, permitindo que a totalidade das linhas de uma tabela seja obtida, ainda que não exista o correspondente valor na outra tabela
LEFT JOIN	Quando o OUTER JOIN é realizado à esquerda são considerados todos os registos da tabela da esquerda e apenas os registos correspondents na tabela da direita
RIGHT JOIN	Quando o OUTER JOIN é realizado à direita são considerados todos os registos da tabela da direita e apenas os registos correspondents na tabela da esquerda

Se os campos de selecção ou junção de duas tabelas tiverem o mesmo nome, então para eliminar quaisquer ambiguidades, cada um dos campos deve ser precedido do nome da tabela, seguido de um ponto.

#### **ANEXO 4 - SISTEMA DE COORDENADAS UTILIZADO NOS PROJECTOS SIG**

Foi definido para a georreferênciação dos temas utilizados o sistema de coordenadas:

Lisboa\_Hayford\_Gauss\_IPCC

Alias:

Abbreviation:

Remarks:

Projection: Transverse\_Mercator

Parameters:

False\_Easting: 0.000000

False\_Northing: 0.000000

Central\_Meridian: -8.131906

Scale\_Factor: 1.000000

Latitude\_Of\_Origin: 39.666667

Linear Unit: Meter (1.000000)

Geographic Coordinate System:

Name: GCS\_Datum\_Lisboa\_Hayford

Alias:

Abbreviation:

Remarks:

Angular Unit: Degree (0.017453292519943295)

Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)

Datum: D\_Datum\_Lisboa\_Hayford

Spheroid: International\_1924

Semimajor Axis: 6378388.000000000000000000

Semiminor Axis: 6356911.946127946500000000

Inverse Flattening: 297.000000000000000000

## GEORREFERÊNCIAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM

Tabela 9 - Estações de amostragem Georeferenciadas

Recno	Estação de Amostragem	M	P
1	E1	-51 038,38	186 911,51
2	E2	-51 036,31	186 968,14
3	E3	-51 021,37	186 950,26
4	E4	-50 984,28	186 986,65
5	SC 7	-51 074,891	186 867,335
6	SC 5	-51 033,565	186 955,991
7	SC 8	-51 045,744	186 898,758
8	SC 9	-51 011,742	186 935,408
9	SC 10	-50 977,718	186 972,053
10	SC 9'	-50 988,113	186 971,575
11	SC 8'	-51 039,664	186 927,363
12	SC 4	-51 065,192	186 921,898
13	SC 6	-51 000,249	186 981,610
14	SC 11	-50 959,671	186 991,942

## ANEXO 5 – ÁLGEBRA DE MAPAS

### 5.1- INTERPOLAÇÃO DOS DADOS ORIGINAIS DAS CLASSES DE CONTAMINAÇÃO E DA CONCENTRAÇÃO DA SUBSTÂNCIA QUÍMICA

#### 5.1.1- SIMULAÇÃO 1A – INTERPOLAÇÃO DAS CLASSES DE CONTAMINAÇÃO

##### 1A.1) SIMULAÇÃO DE ANÁLISE ESPACIAL EM FOLHA DE CÁLCULO (APLICAÇÃO EXCEL)

##### 1A.1B) CLASSIFICAÇÃO DE CADA PARÂMETRO ANALISADO

[1]

Subst. Quim.	CLASSE =
As	IF (C20 >= B\$6; 5; (IF (AND (C20 >= B\$5; C20 < B\$6); 4; (IF (AND (C20 >= B\$4; C20 < B\$5); 3; (IF (AND (C20 >= B\$3; C20 < B\$4); 2; 1))))))
Cd	IF (D20 >= C\$6; 5; (IF (AND (D20 >= C\$5; D20 < C\$6); 4; (IF (AND (D20 >= C\$4; D20 < C\$5); 3; (IF (AND (D20 >= C\$3; D20 < C\$4); 2; 1))))))
Pb	IF (E20 >= D\$6; 5; (IF (AND (E20 >= D\$5; E20 < D\$6); 4; (IF (AND (E20 >= D\$4; E20 < D\$5); 3; (IF (AND (E20 >= D\$3; E20 < D\$4); 2; 1))))))
Cr	IF (F20 >= E\$6; 5; (IF (AND (F20 >= E\$5; F20 < E\$6); 4; (IF (AND (F20 >= E\$4; F20 < E\$5); 3; (IF (AND (F20 >= E\$3; F20 < E\$4); 2; 1))))))
Cu	IF (G20 >= F\$6; 5; (IF (AND (G20 >= F\$5; G20 < F\$6); 4; (IF (AND (G20 >= F\$4; G20 < F\$5); 3; (IF (AND (G20 >= F\$3; G20 < F\$4); 2; 1))))))
Hg	IF (H20 >= G\$6; 5; (IF (AND (H20 >= G\$5; H20 < G\$6); 4; (IF (AND (H20 >= G\$4; H20 < G\$5); 3; (IF (AND (H20 >= G\$3; H20 < G\$4); 2; 1))))))
Ni	IF (I20 >= H\$6; 5; (IF (AND (I20 >= H\$5; I20 < H\$6); 4; (IF (AND (I20 >= H\$4; I20 < H\$5); 3; (IF (AND (I20 >= H\$3; I20 < H\$4); 2; 1))))))
Zn	IF (J20 >= I\$6; 5; (IF (AND (J20 >= I\$5; J20 < I\$6); 4; (IF (AND (J20 >= I\$4; J20 < I\$5); 3; (IF (AND (J20 >= I\$3; J20 < I\$4); 2; 1))))))
PAH	IF (M20 >= L\$6; 5; (IF (AND (M20 >= L\$5; M20 < L\$6); 4; (IF (AND (M20 >= L\$4; M20 < L\$5); 3; (IF (AND (M20 >= L\$3; M20 < L\$4); 2; 1))))))

Obtém-se assim a Tabela 10, com os valores dos parâmetros classificados pelos níveis de contaminação.

Tabela 10 Classificação de cada parâmetro analisado

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
30	ID	EST_AM	As	Cd	Pb	Cr	Cu	Hg	Ni	Zn	HCBs	PCBs	PAHs
31	1	E5	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	3
32	2	E6	2	2	2	2	3	1	1	3	1	1	3
33	3	E7	2	2	4	3	4	3	1	3	1	1	3
34	4	E8	2	1	2	2	2	1	1	3	1	1	2
35	5	E9	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2
36	6	E10	2	1	1	2	2	1	1	2	1	1	3
37	7	E11	2	2	3	3	4	1	1	3	1	1	2
38	8	E12	2	1	1	2	2	3	1	2	1	1	2
39	9	E13	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	2
40	10	E14	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	3

**1A.1c) CLASSIFICAÇÃO DE CADA AMOSTRA DE SEDIMENTOS PARA O TOTAL DOS PARÂMETROS CLASSIFICADOS**

[2]

EST_AM	CLASSE
E5	MAX (C31:M31)
E6	MAX (C32:M32)
E7	MAX (C33:M33)
E8	MAX (C34:M34)
E9	MAX (C35:M3)
E10	MAX (C36:M36)
E11	MAX (C37:M37)
E12	MAX (C38:M38)
E13	MAX (C39:M39)
E14	MAX (C40:M40)

Obtém-se assim a Tabela 11, com as amostras de sedimentos dragados classificadas por classes de contaminação.

Tabela 11 Classificação de cada amostra sedimentar

	A	B	C
30	ID	EST_AM	CLASSE
31	1	E5	3
32	2	E6	3
33	3	E7	4
34	4	E8	3
35	5	E9	2
36	6	E10	3
37	7	E11	4
38	8	E12	3
39	9	E13	2
40	10	E14	3





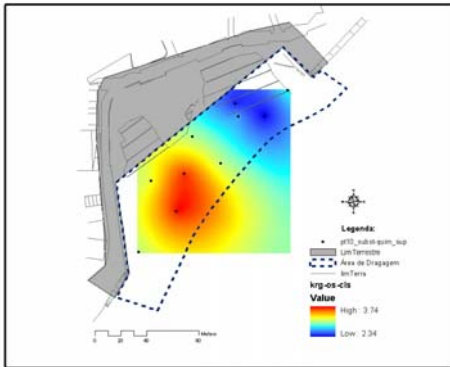


Figura 23. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *KRIGING* Normal (ordinário) –esférico.

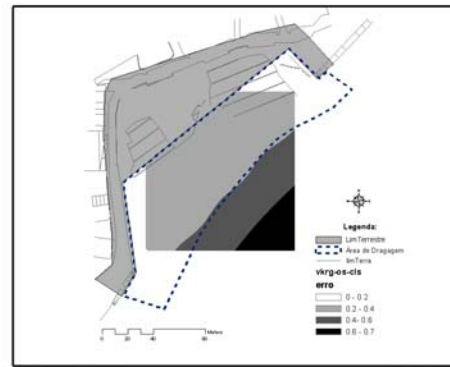


Figura 24. erro *KRIGING* Normal (ordinário) - esférico – Valor da CLASSE.

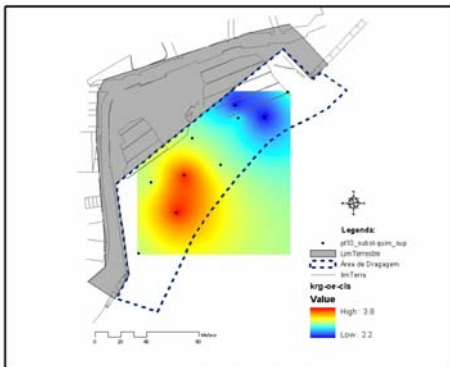


Figura 25. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *KRIGING* Normal (ordinário) –exponencial.

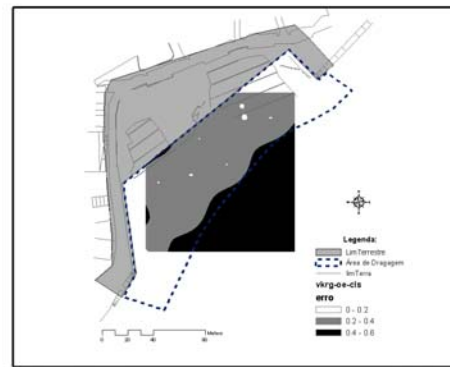


Figura 26. erro *KRIGING* Normal (ordinário) - exponencial – Valor da CLASSE.

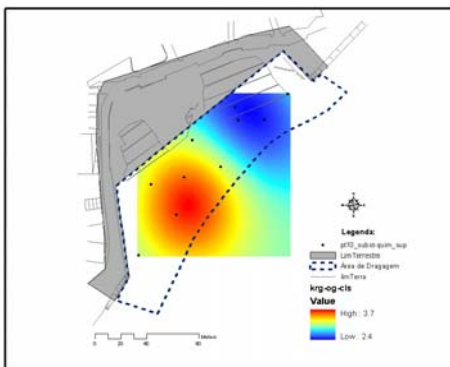


Figura 27. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *KRIGING* Normal (ordinário) -gaussiano.

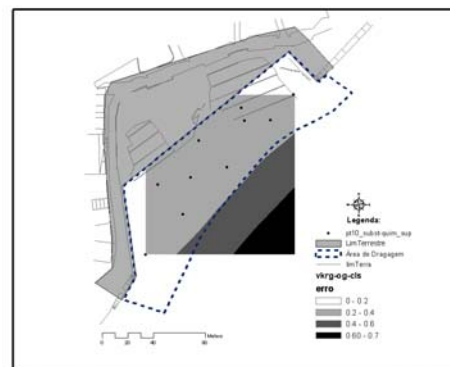


Figura 28. erro *KRIGING* Normal (ordinário) - gaussiano – Valor da CLASSE.

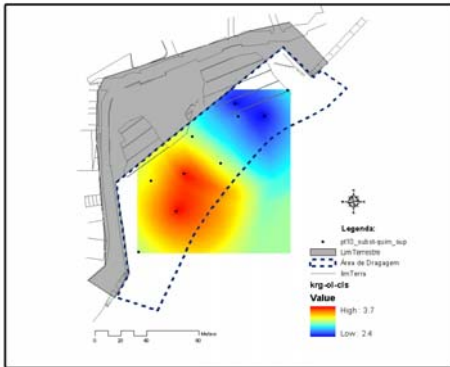


Figura 29. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *KRIGING* Normal (ordinário) -linear.

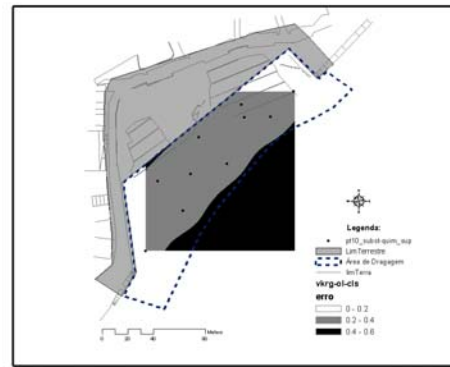


Figura 30. erro *KRIGING* Normal (ordinário) - linear – Valor da CLASSE.

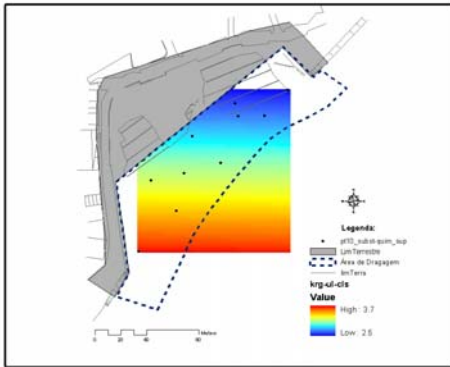


Figura 31. Superfície de interpolação do valor da CLASSE dos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *KRIGING* Universal Linear – linear.

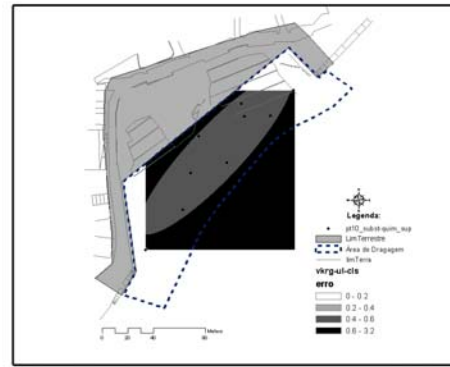


Figura 32. erro *KRIGING* Universal Linear – linear - Valor da CLASSE.

**5.2- SIMULAÇÃO 2A – INTERPOLAÇÃO DOS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DAS SUBTÂNCIAS QUÍMICAS ANALISADAS (DADOS EM BRUTO), EM AMBIENTE SIG**

## Arsênio

SUBST. QUÍMICA	VALOR MEDIDO	VALOR ESTIMADO								
		IDW	SPL T	SPL R	KRG OS	KRG OE	KRG OG	KRG OL	KRG UL	
As	Min	18	18	10,7	5,8	18	18	5	18	4,7
	Máx	47	48,8	47	55,8	28,8	48,2	11,7	40,7	48,8

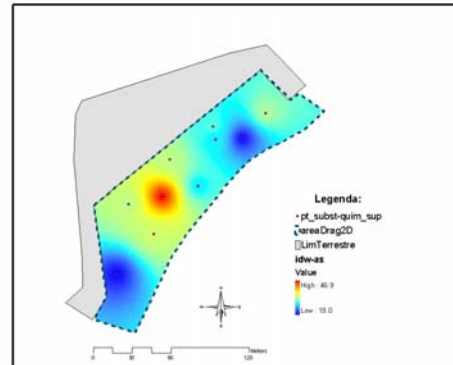


Figura 33. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.

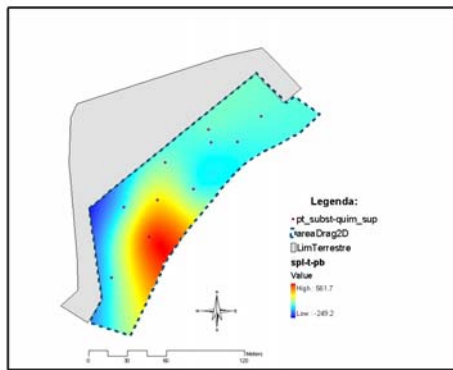


Figura 34. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-T*

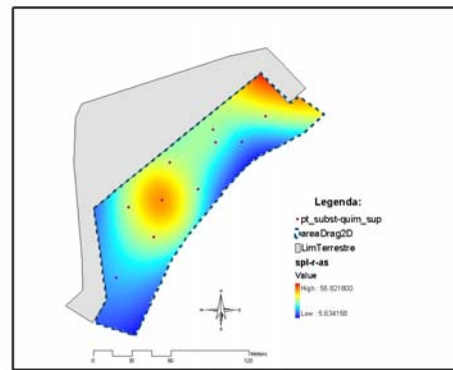


Figura 35. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-R*

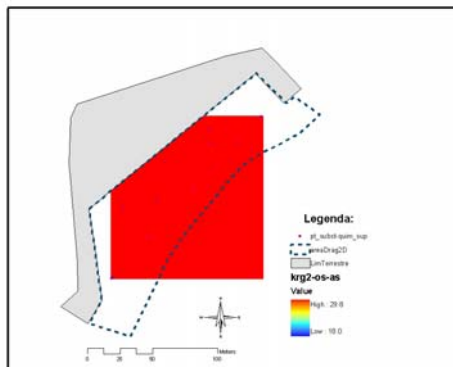


Figura 36. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS

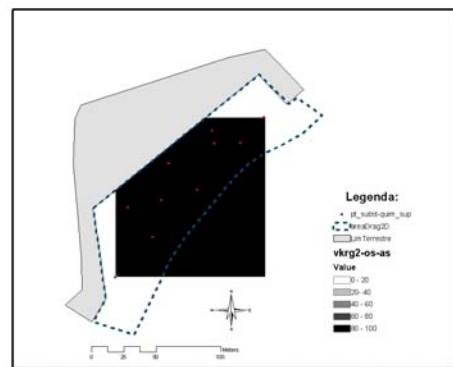


Figura 37. ERRO-KRIG-OS

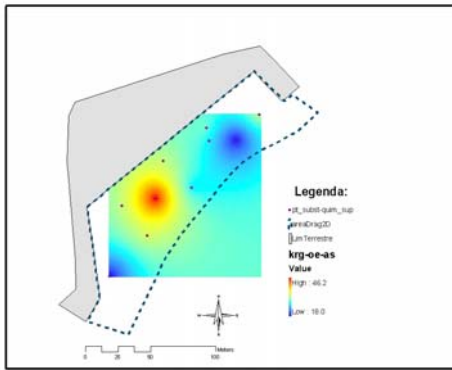


Figura 38. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE

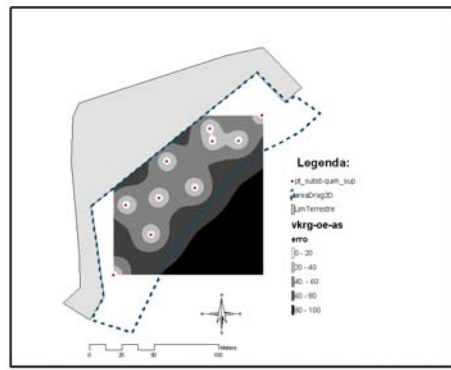


Figura 39. ERRO-KRIG-OE

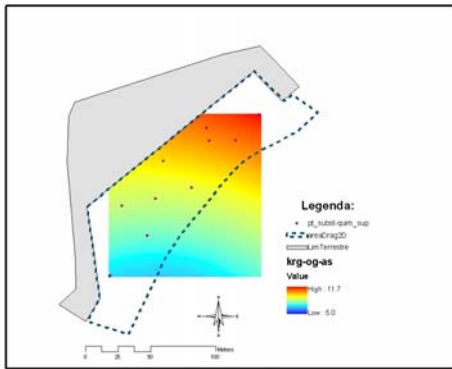


Figura 40. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG

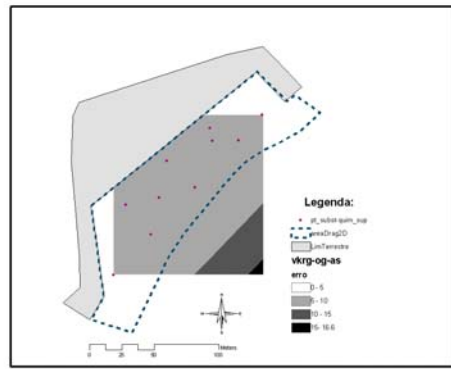


Figura 41. ERRO-KRIG-OG

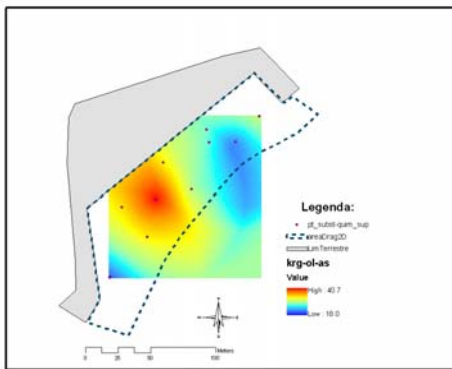


Figura 42. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL

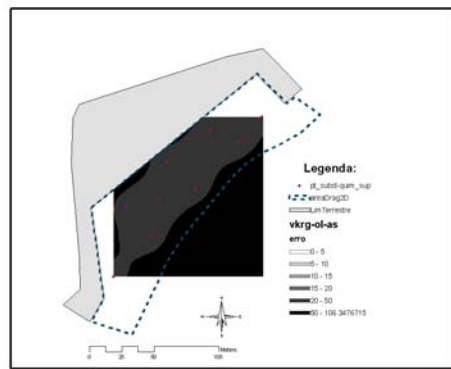


Figura 43. ERRO-KRIG-OL

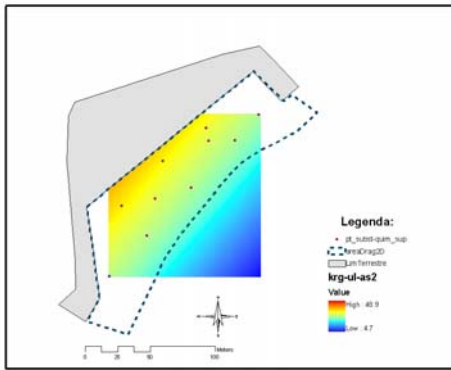


Figura 44. Superfície de interpolação do valor de concentração de As nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL

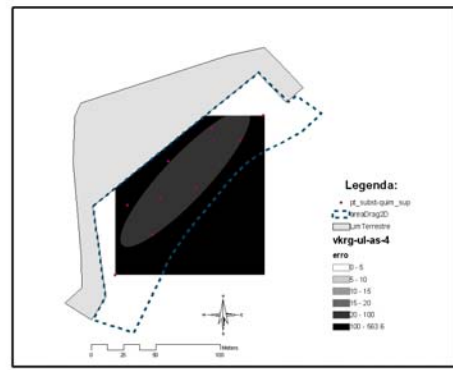


Figura 45. ERRO-KRIG-UL

### Cádmio

SJBST. QUÍMICA	VALOR MEDIO	VALOR ESTIMADO								
		IDW	SPL T	SPL R	KRIG OS	KRIG OE	KRIG OG	KRIG OL	KRIG UL	
Cd	Mín	0.389	0.1	-0.7	-2.1	3.15	0.15	3.15	0.15	-20.2
	Máx	2	1.8	2	2	1.8	0.7	0.8	0.8	1.3

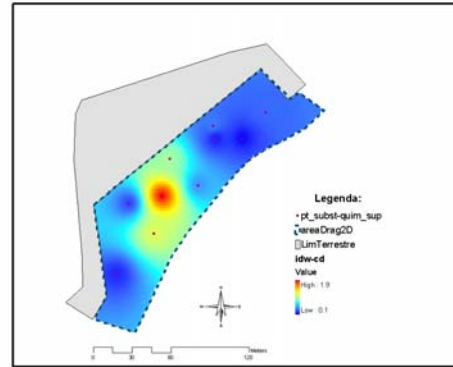


Figura 46. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW

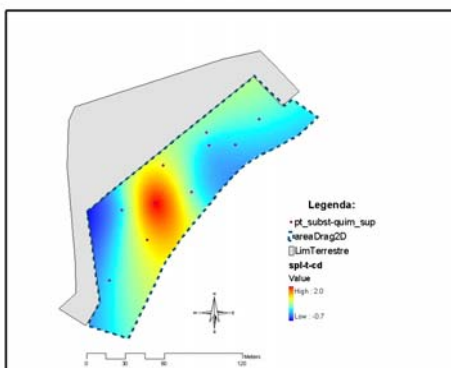


Figura 47. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador Spline-T

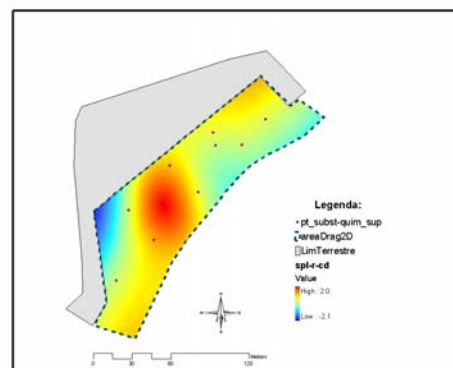


Figura 48. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador Spline-R

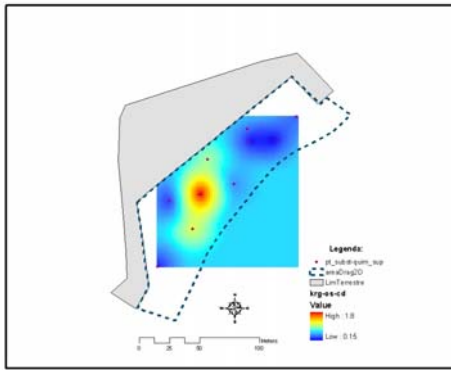


Figura 49. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS

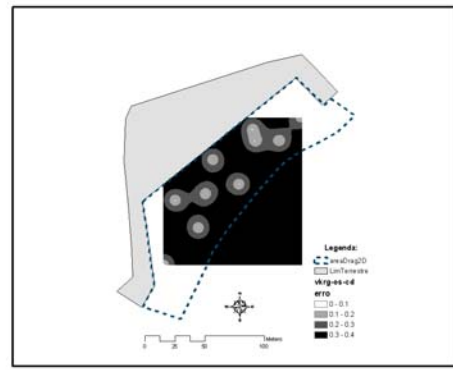


Figura 50. ERRO-KRIG-OS

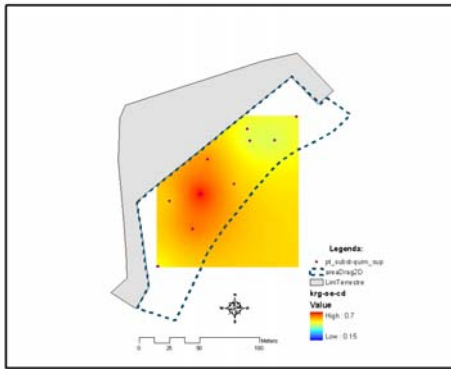


Figura 51. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE

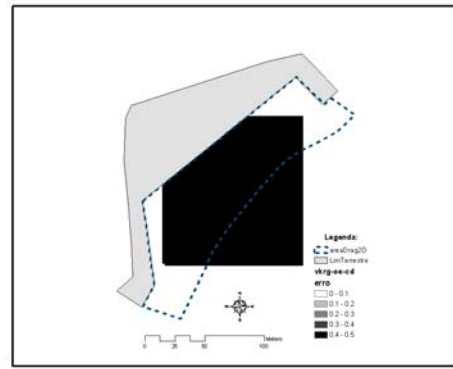


Figura 52. ERRO-KRIG-OE

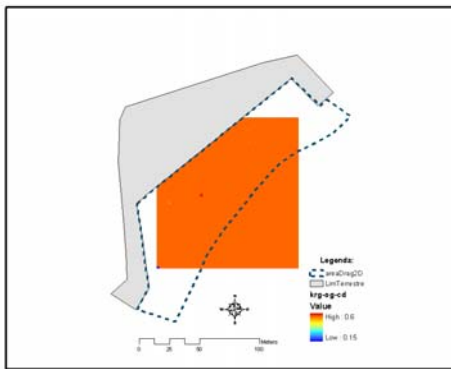


Figura 53. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG

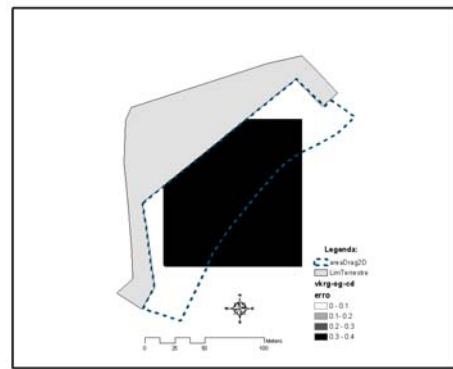


Figura 54. ERRO-KRIG-OG

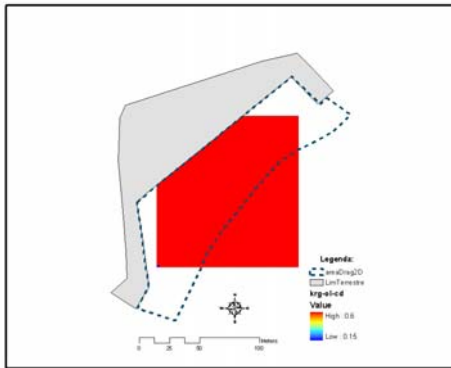


Figura 55. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL

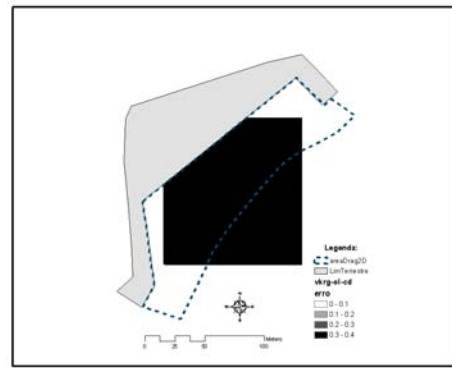


Figura 56. ERRO-KRIG-OL

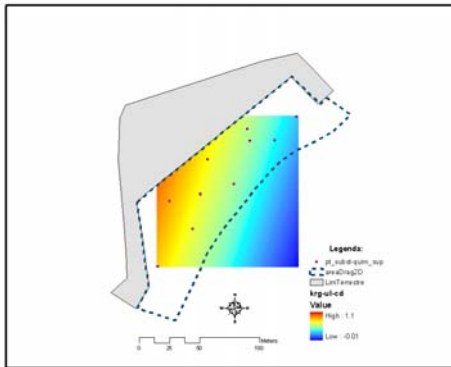


Figura 57. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cd nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL

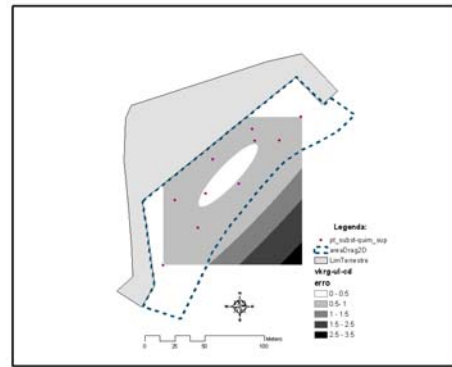


Figura 58. ERRO-KRIG-UL

### Crômio

SUBST. QUÍMICA	VALOR MEDIDO	VALOR ESTIMADO								
		IDW	SPL T	SPL R	KRIG OS	KRIG OE	KRIG OG	KRIG OL	KRIG UL	
Cr	Mín	32	32.3	-44.9	-206	47	47	47	47	47
	Máx	259	258.4	258.9	260.7	192.6	87.7	91	199.9	120

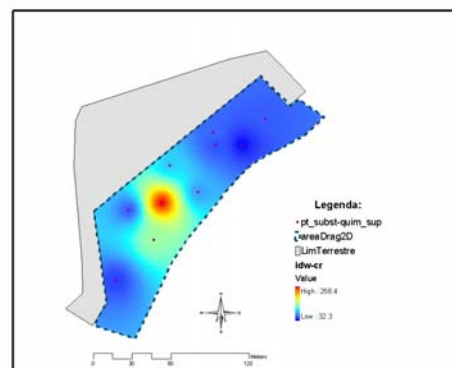


Figura 59. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW



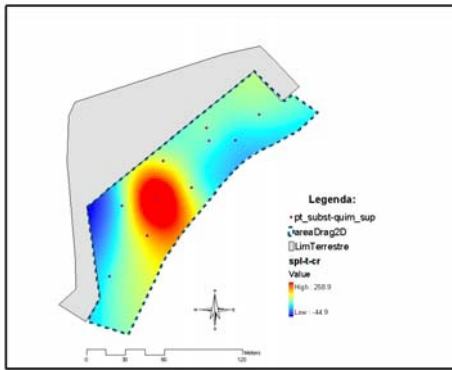


Figura 60. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-T*

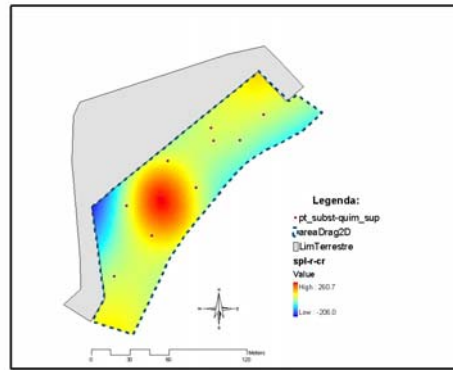


Figura 61. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-R*

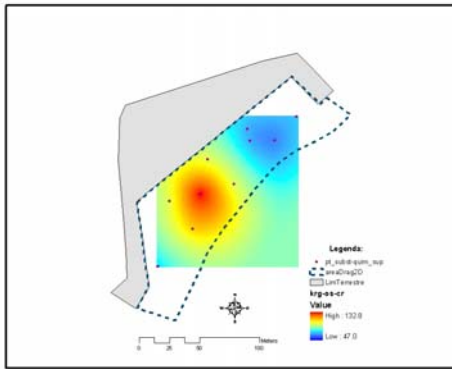


Figura 62. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS

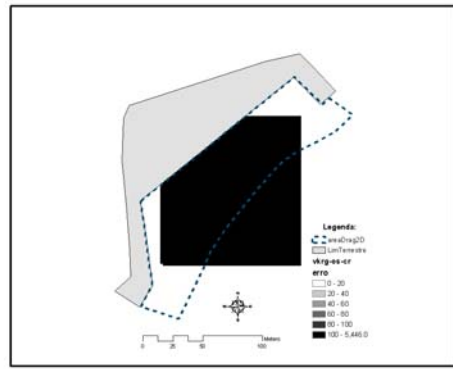


Figura 63. ERRO-KRIG-OS

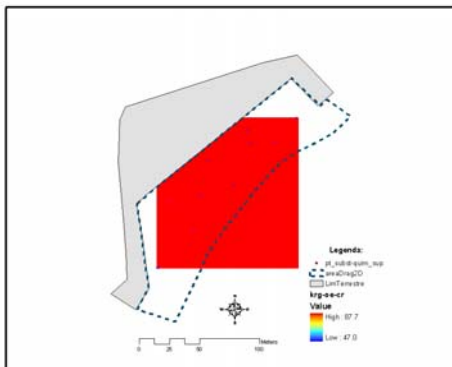


Figura 64. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE

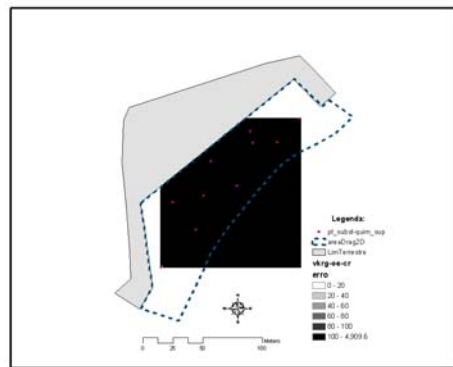


Figura 65. ERRO-KRIG-OE



Figura 66. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG

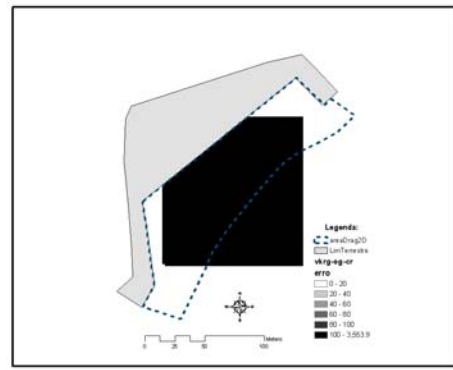


Figura 67. ERRO-KRIG-OG



Figura 68. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL

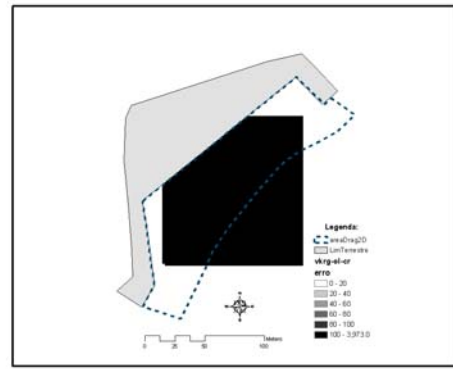


Figura 69. ERRO-KRIG-OL

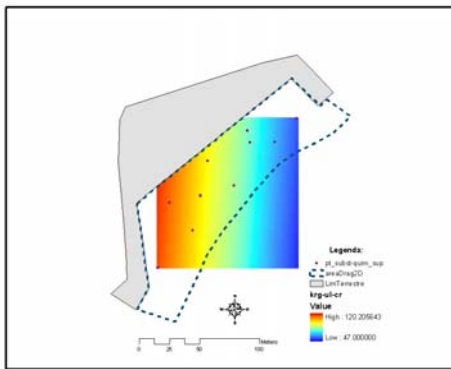


Figura 70. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cr nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL

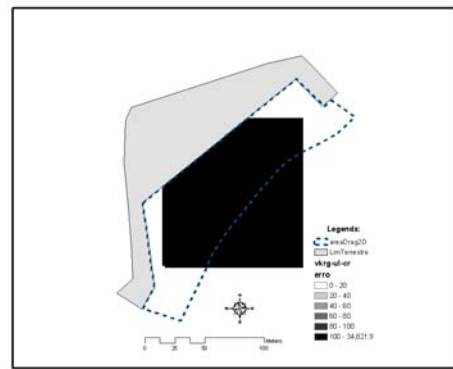


Figura 71. ERRO-KRIG-UL

## Cobre

SJBST. QUÍMICA	VALOR MÉDIO	VALOR ESTIMADO								
		IDA	BT T	BT R	KIG OS	KIG OC	KIG OG	KIG OL	KIG UL	
Cu	Mn	30	30,3	-135,5	-447,3	37	37	37	37	37
	Máx	308	307,2	-401,1	-410,5	911,5	388,4	140,0	311,5	201,5

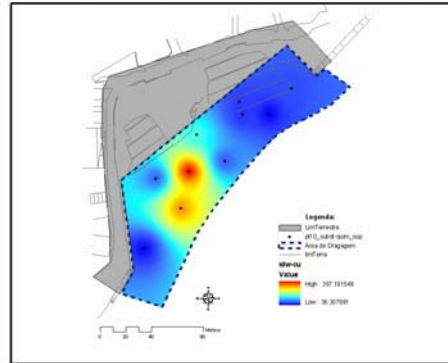


Figura 72. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW

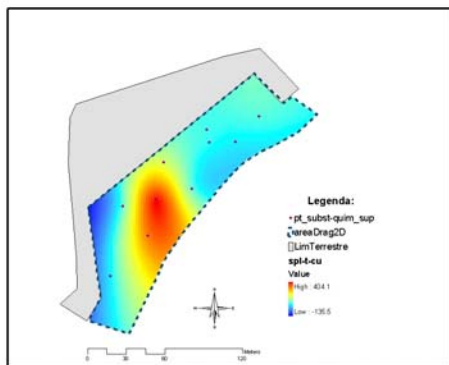


Figura 73. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-T*

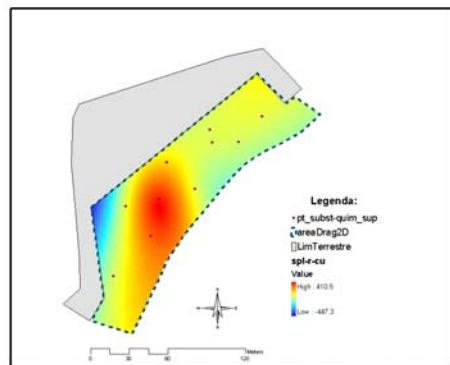


Figura 74. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-R*

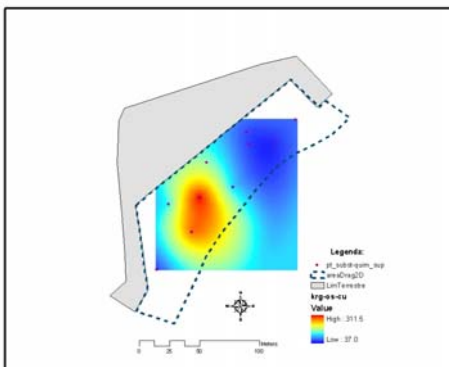


Figura 75. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS

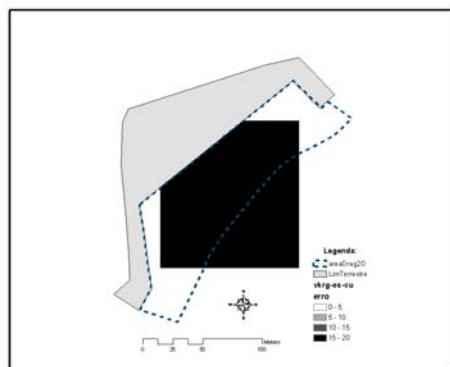


Figura 76. ERRO-KRIG-OS

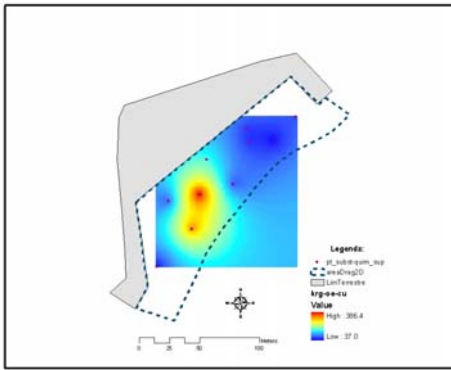


Figura 77. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE

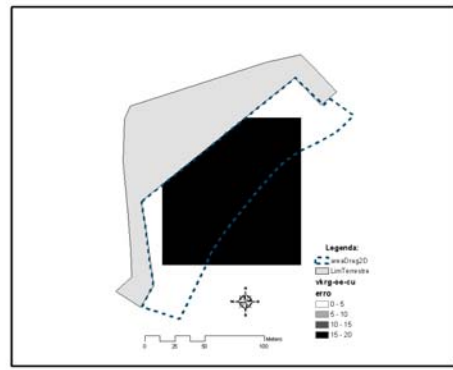


Figura 78. ERRO-KRIG-OE

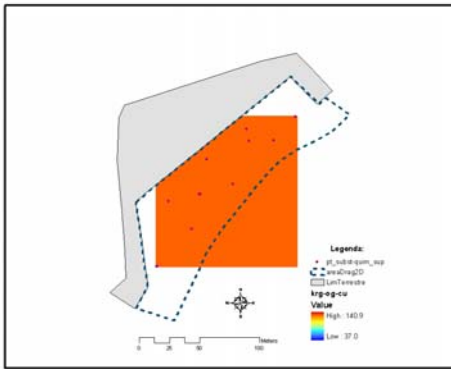


Figura 79. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG

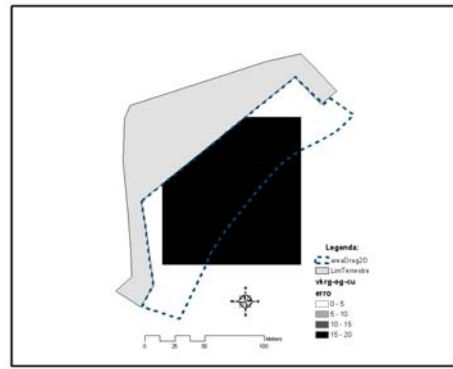


Figura 80. ERRO-KRIG-OG

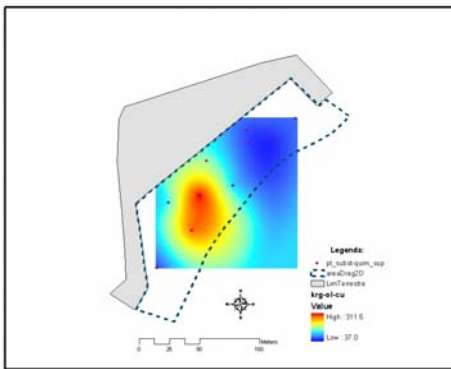


Figura 81. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL

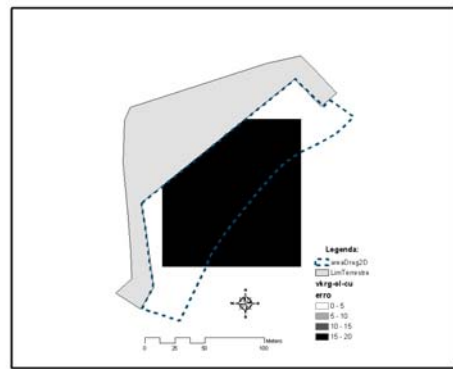


Figura 82. ERRO-KRIG-OL

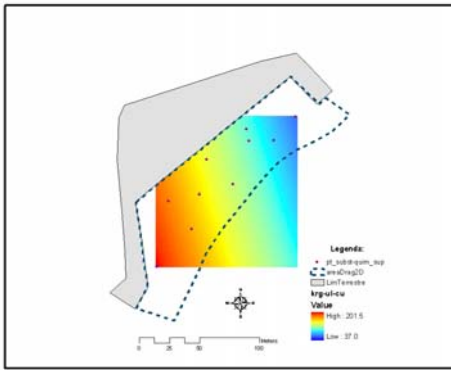


Figura 83. Superfície de interpolação do valor de concentração de Cu nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL

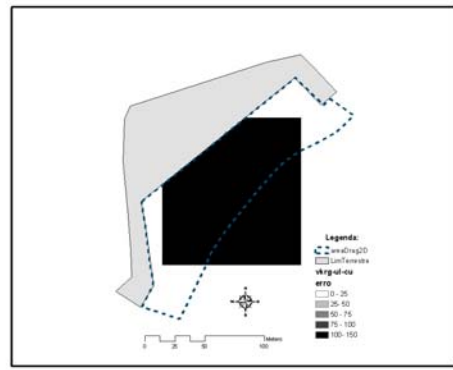


Figura 84. ERRO-KRIG-UL

### Chumbo

SJBST. QUÍMICA	VALOR MEDIO	VALOR ESTIMADO								
		IDW	SPL T	SPL R	KRIG OS	KRIG OE	KRIG OG	KRIG OL	KRIG UL	
Pb	Mín	41	42.1	-249.2	-574.9	2316	45	-0.9	-8.8	-50.5
	Máx	522	521	661.7	660.2	512.2	500.7	525.3	460.7	382.3

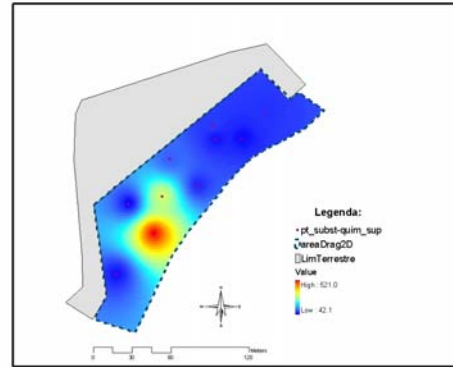


Figura 85. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW

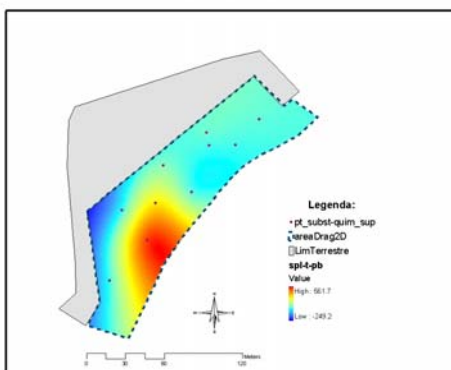


Figura 86. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador Spline-T

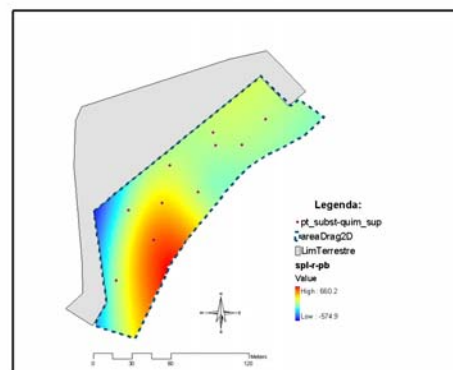


Figura 87. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador Spline-R

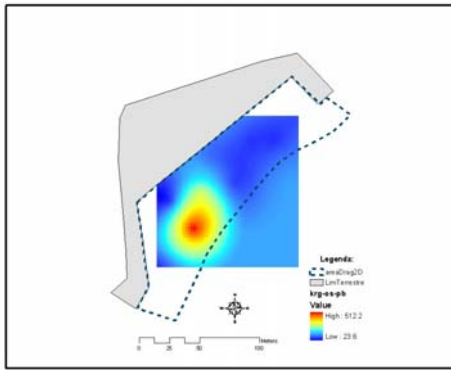


Figura 88. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS

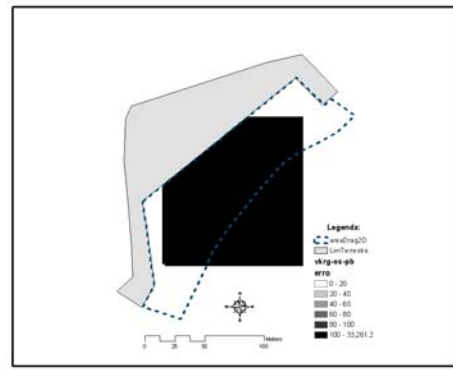


Figura 89. ERRO-KRIG-OS

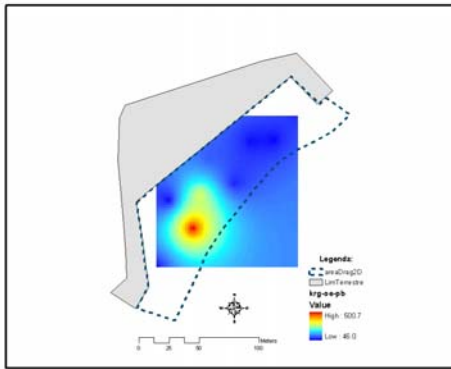


Figura 90. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE

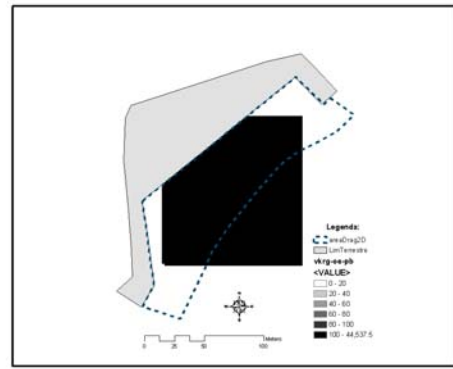


Figura 91. ERRO-KRIG-OE

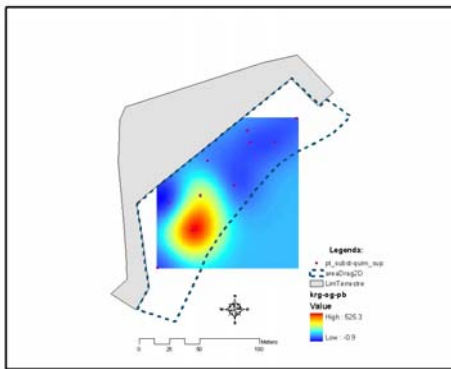


Figura 92. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG

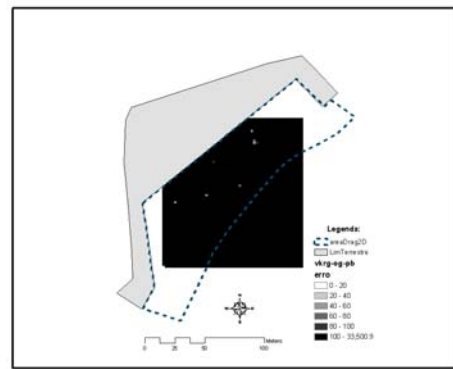


Figura 93. ERRO-KRIG-OG

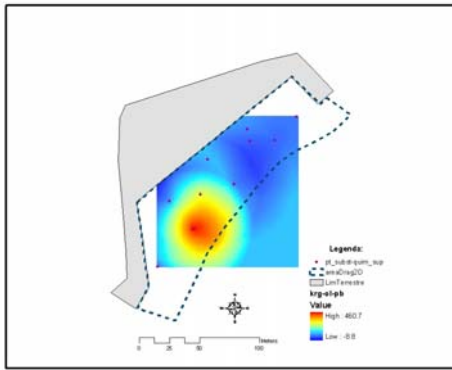


Figura 94. Superfície de interpolação do valor de concentração de Pb nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL

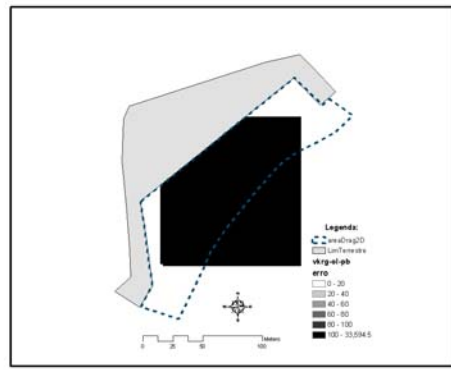


Figura 95. ERRO-KRIG-OL

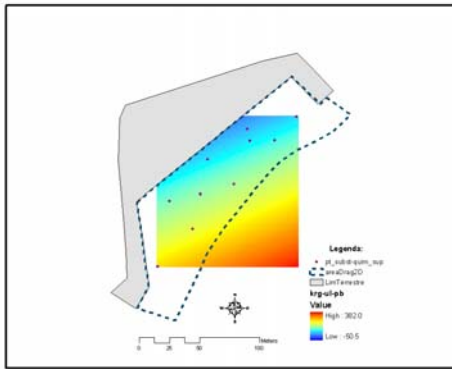


Figura 96. KRIG-UL

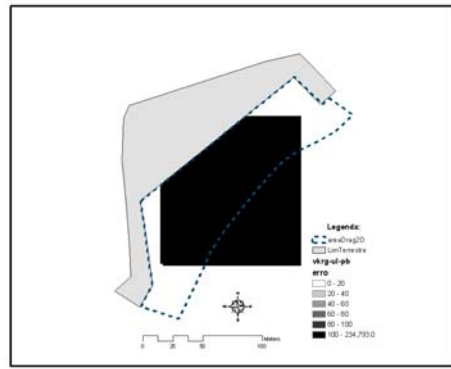


Figura 97. ERRO-KRIG-UL

### Mercúrio

SUEST. QUÍMICA	VALOR MEDIDO	VALOR ESTIMADO								
		IDW	SPL T	SPL R	KRIG OS	KRIG OE	KRIG OS	KRIG OL	KRIG UL	
Hg	Min	0.11	0.1	-1.3	-4.3	0.088	0.12	-0.2	-0.17	-0.17
	Máx	2.8	2.8	3.1	4.4	2.8	2.8	3.01	1.9	1.8

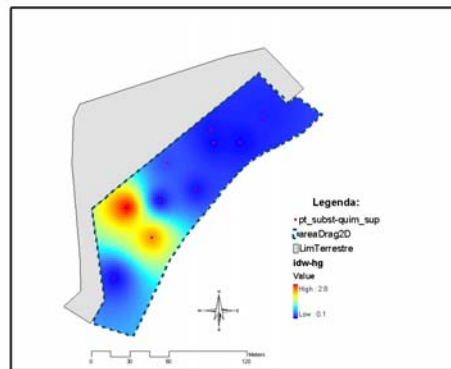


Figura 98. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.

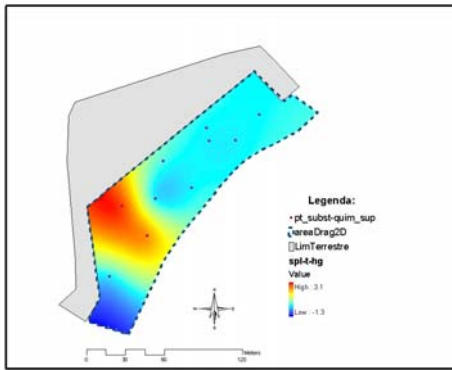


Figura 99. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-T*.

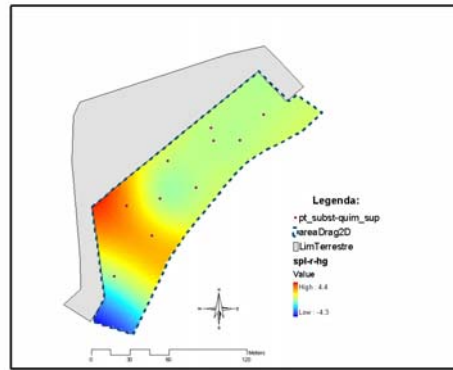


Figura 100. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-R*.

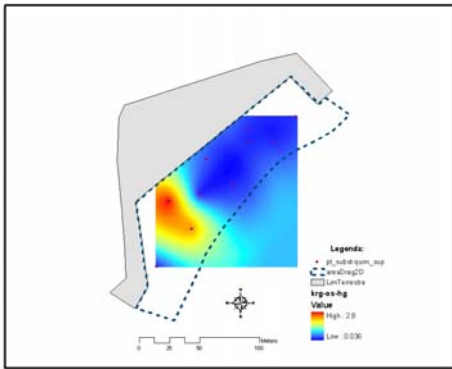


Figura 101. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.

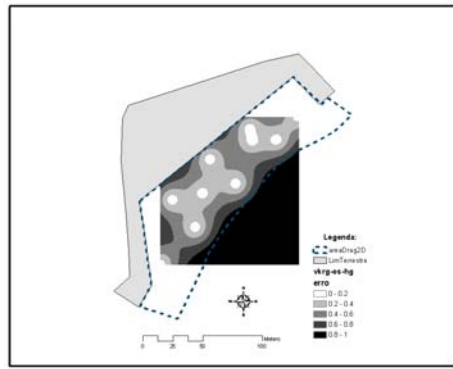


Figura 102. ERRO-KRIG-OS.

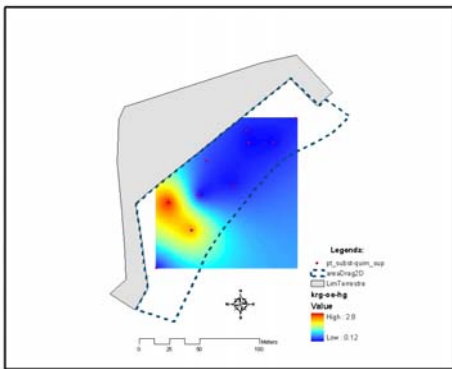


Figura 103. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE.

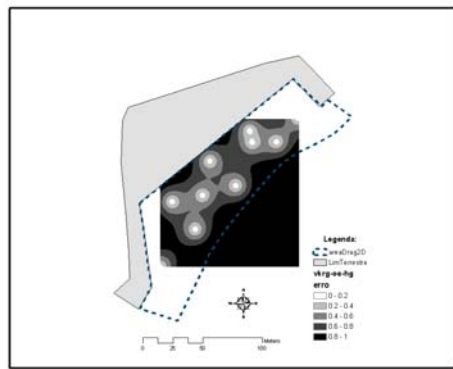


Figura 104. ERRO-KRIG-OE.



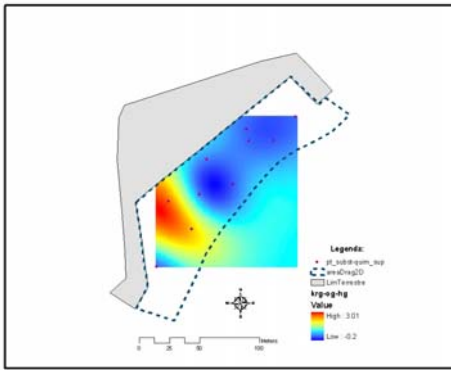


Figura 105. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG.

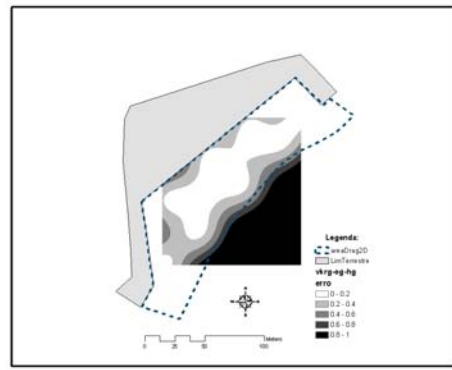


Figura 106. ERRO-KRIG-OG.

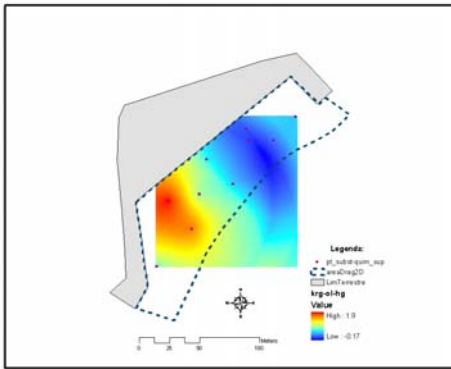


Figura 107. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL.

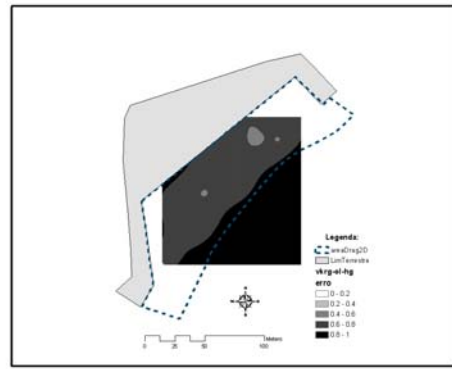


Figura 108. ERRO-KRIG-OL.

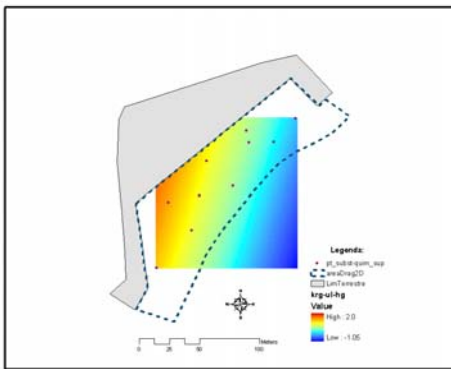


Figura 109. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL.

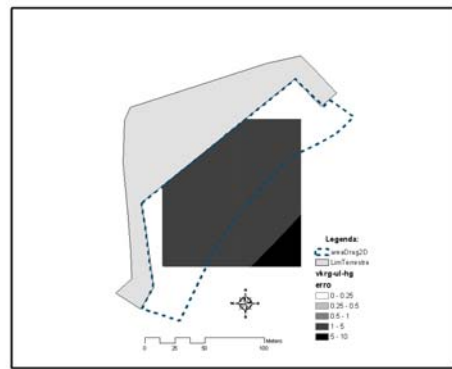


Figura 110. ERRO-KRIG-UL.

## Níquel

SUBST. QUÍMICA	VALOR MEDIDO	VALOR ESTIMADO								
		IDW	SPL T	SPL R	KRIG OS	KRIG OE	KRIG OG	KRIG OL	KRIG UL	
Ni	Mín	0,4	0,4	-1,1	-7,3	0,4	0,4	0,4	0,4	-0,2
	Máx	26	25,9	26,5	27,5	23,5	23,7	22,9	22,6	38,3

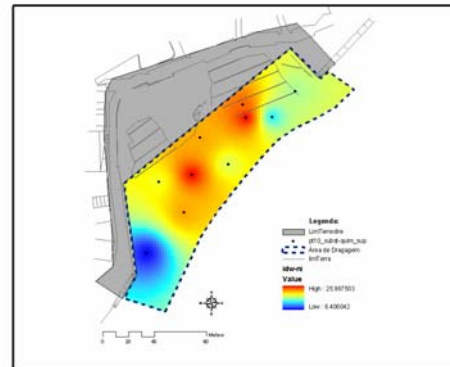


Figura 111. Superfície de interpoção do valor de concentração de Ni nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW.

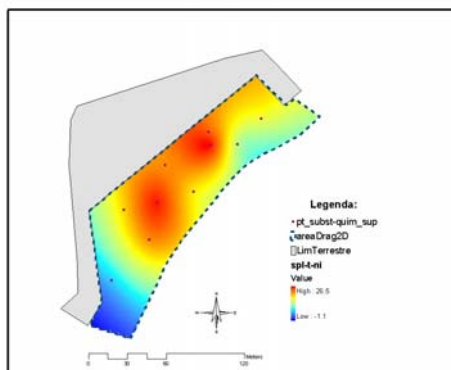


Figura 112. Superfície de interpoção do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-T*.

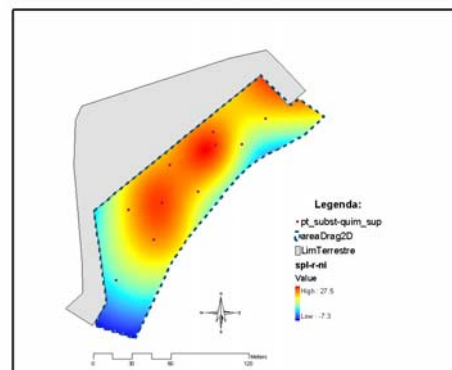


Figura 113. Superfície de interpoção do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-R*.

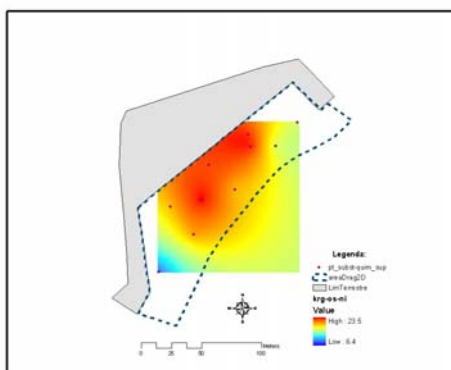


Figura 114. Superfície de interpoção do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS.

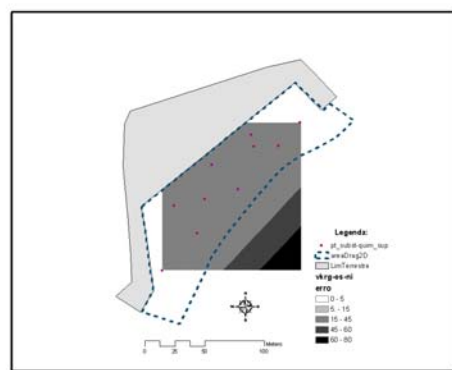


Figura 115. ERRO-KRIG-OS.

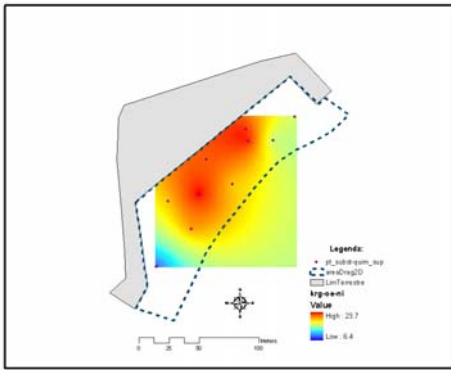


Figura 116. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE

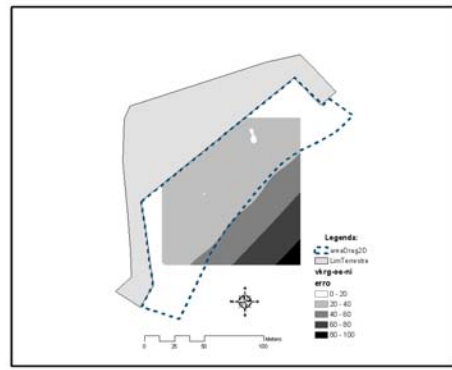


Figura 117. ERRO-KRIG-OE

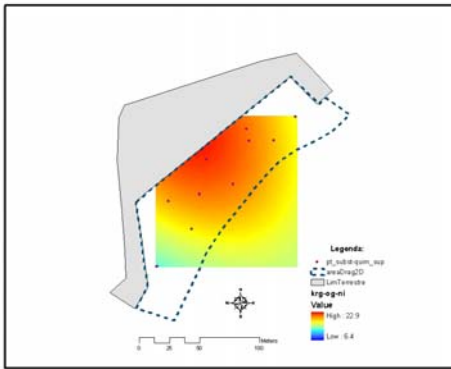


Figura 118. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG

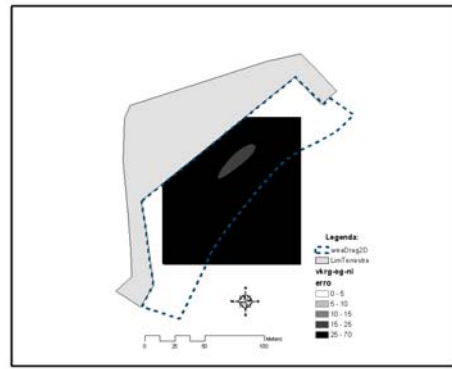


Figura 119. ERRO-KRIG-OG

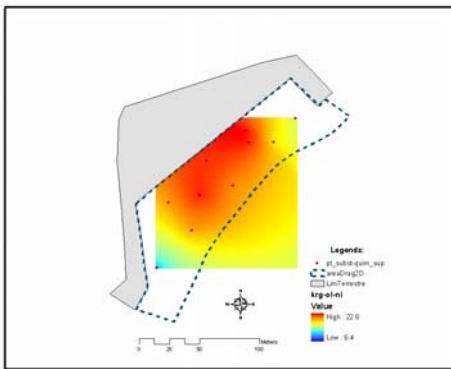


Figura 120. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL

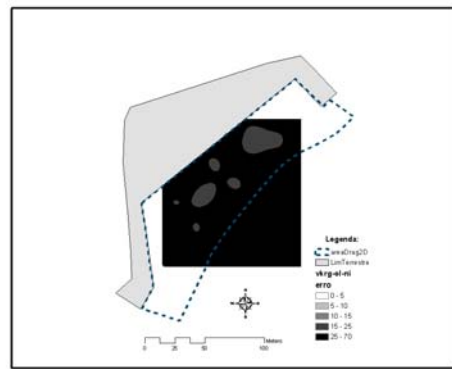


Figura 121. ERRO-KRIG-OL

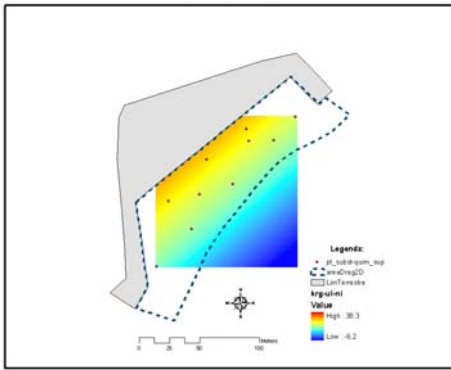


Figura 122. Superfície de interpolação do valor de concentração de Hg nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL

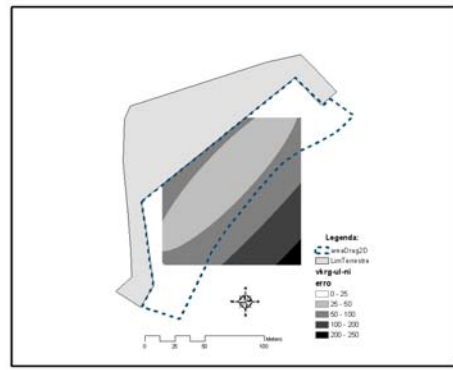


Figura 123. ERRO-KRIG-UL

### Zinco

SUBST. QUÍMICA	VALOR MEDIDO	VALOR ESTIMADO								
		IDW	SPL T	SPL R	KRIG OS	KRIG OE	KRIG OG	KRIG OL	KRIG UL	
Zn	Min	146	146.2	87.9	380.8	146	146	146	146	105.2
	Máx	835	832.9	848.5	851.1	828.8	820.8	428.4	428.4	684.1

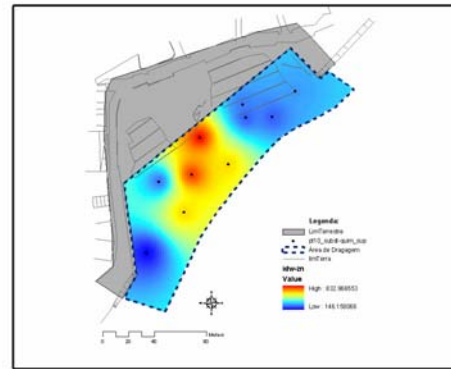


Figura 124. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW

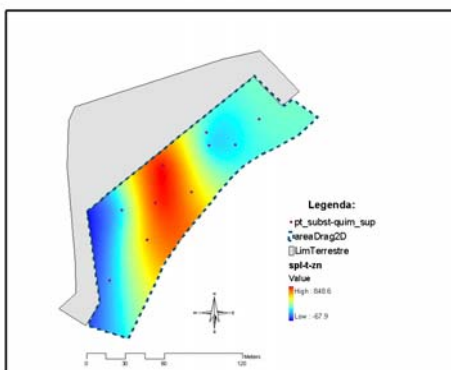


Figura 125. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador Spline-T

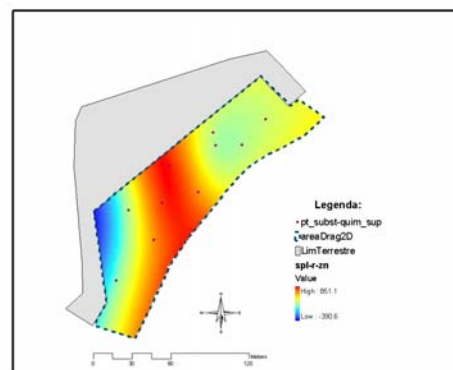


Figura 126. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador Spline-R

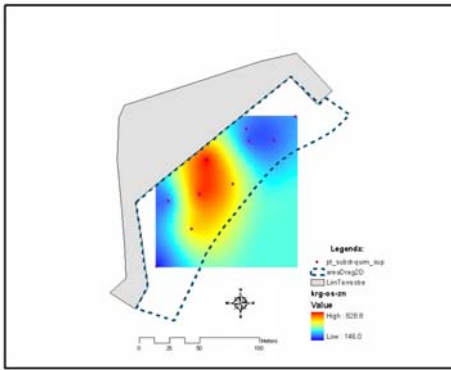


Figura 127. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS

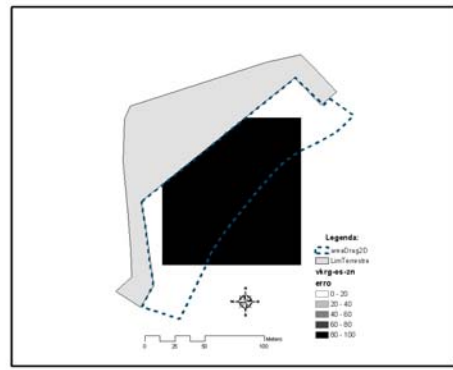


Figura 128. ERRO-KRIG-OS

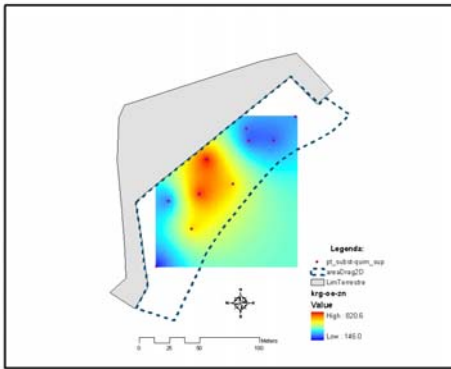


Figura 129. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE

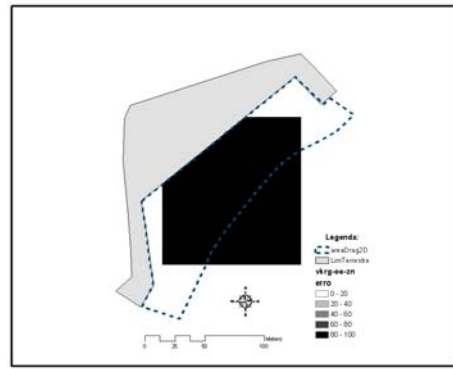


Figura 130. ERRO-KRIG-OE

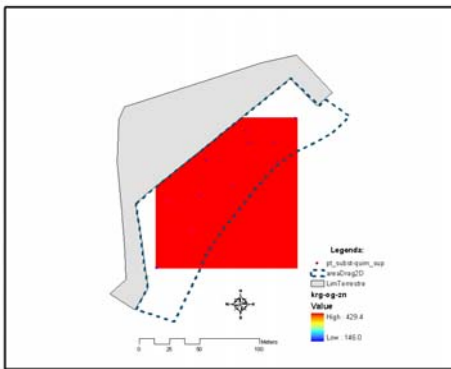


Figura 131. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG

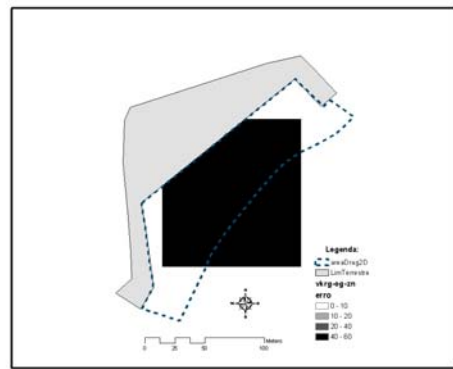


Figura 132. ERRO-KRIG-OG

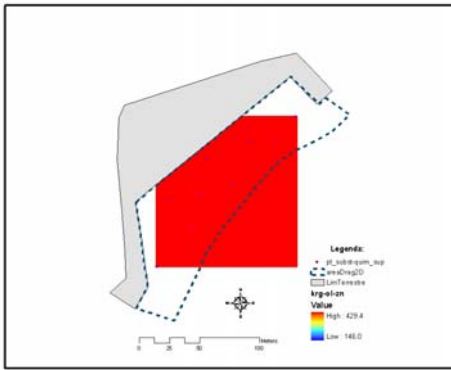


Figura 133. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL

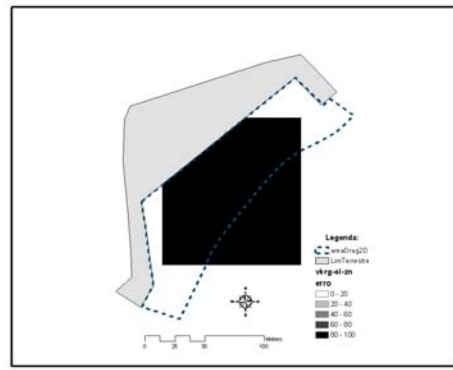


Figura 134. ERRO-KRIG-OL

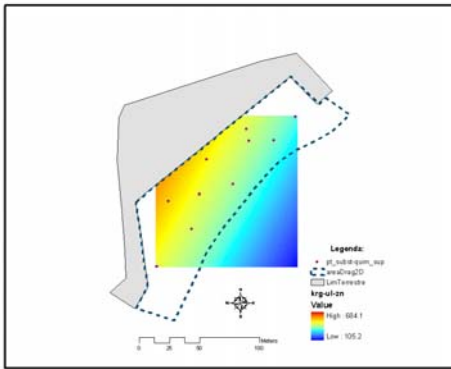


Figura 135. Superfície de interpolação do valor de concentração de Zn nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL

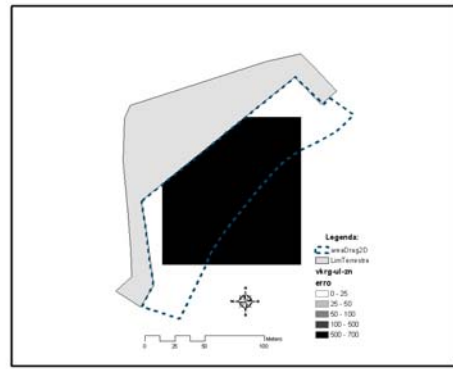


Figura 136. ERRO-KRIG-UL

### PAH

SUEST. QUÍMICA	VALOR MEDIDO	VALOR ESTIMADO							
		IDW	SPL T	SPL R	KRIG OS	KRIG OIE	KRIG OG	KRIG OL	KRIG UL
PAH	Mín	1158.9	89.5	-1837.1	2013.0	2013.0	2013.0	2013.0	-7.9
	Máx	3877	3871.2	4148.8	6952.7	2013.7	2013.8	2013.7	4935.5

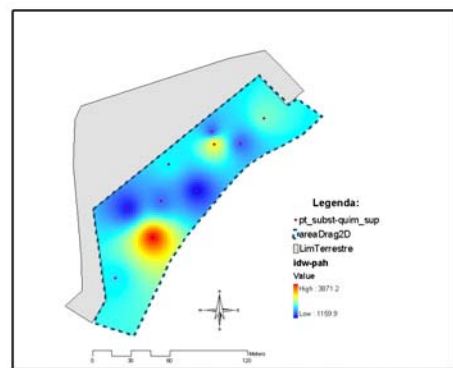


Figura 137. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador IDW

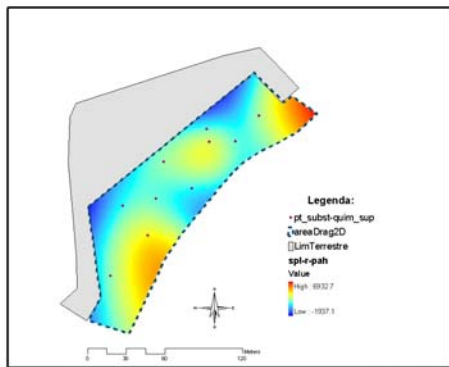


Figura 138. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-T*

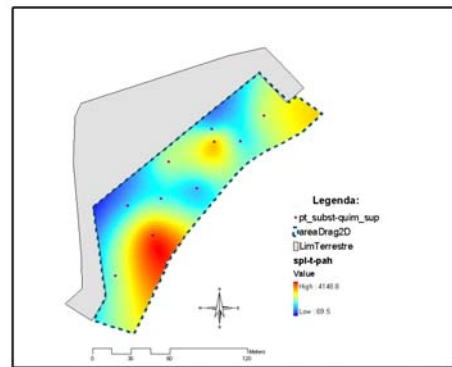


Figura 139. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador *Spline-R*

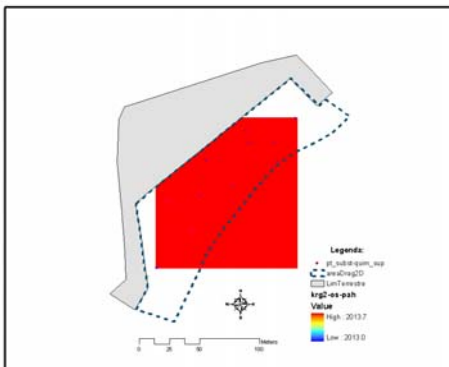


Figura 140. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OS

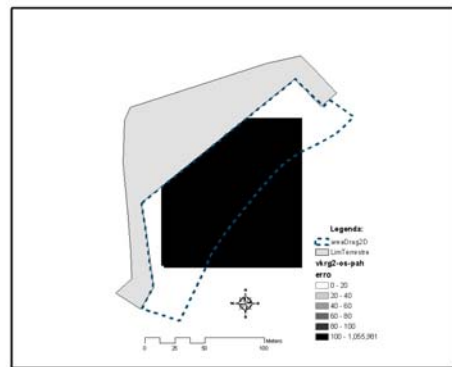


Figura 141. ERRO-KRIG-OS

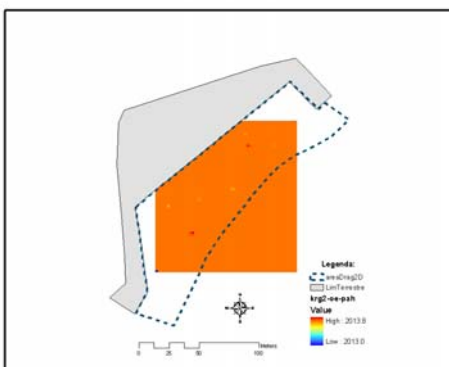


Figura 142. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OE

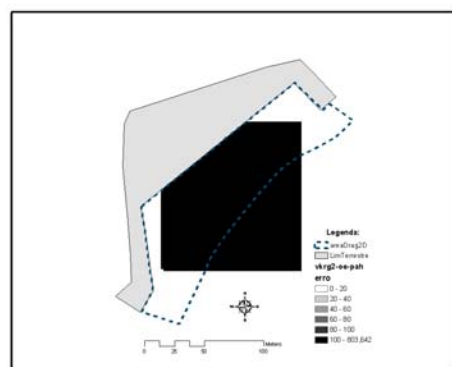


Figura 143. ERRO-KRIG-OE

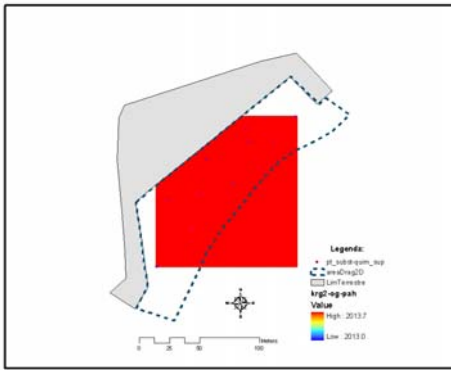


Figura 144. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OG

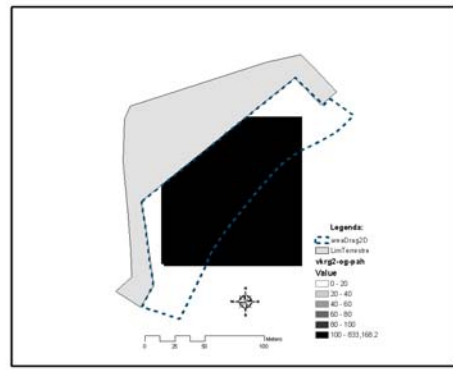


Figura 145. ERRO-KRIG-OG



Figura 146. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-OL

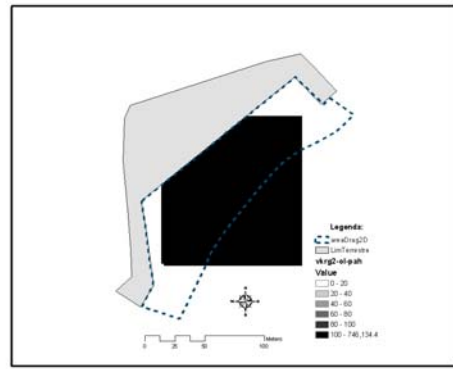


Figura 147. ERRO-KRIG-OL

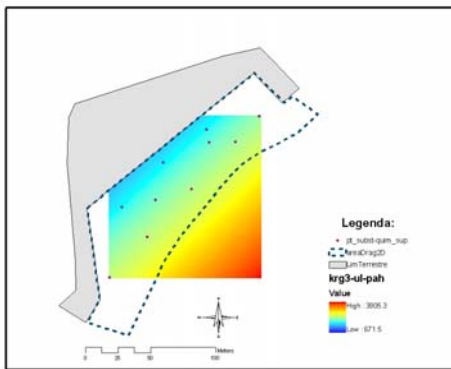


Figura 148. Superfície de interpolação do valor de concentração de PAH nos sedimentos dragados gerada pelo interpolador KRIG-UL

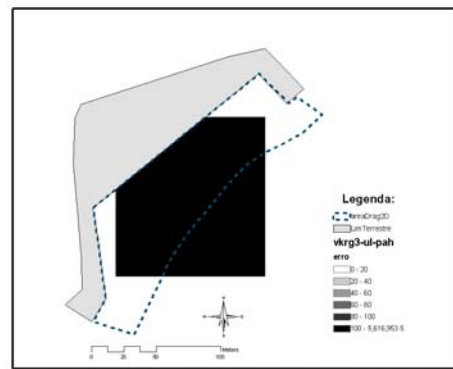


Figura 149. ERRO-KRIG-UL



### **5.3 CLASSIFICAR AS SUPERFÍCIES DE INTERPOLAÇÃO COM BASE NOS LIMITES DAS 5 CLASSES DE CONTAMINAÇÃO – ANÁLISE ESPACIAL EM SIG**

Através de uma metodologia SIG, são classificados os valores estimados da superfície de interpolação, de forma a caracterizar as áreas de dragagem. Pretende-se a:

- 1)** Classificação dos valores estimados e, assim, classificar as áreas de dragagem em classes de contaminação;
- 2)** Classificação das áreas de dragagem no seu risco pontencial de poluição do meio marinho;
- 3)** Classificação das áreas de dragagem quanto à aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar.

### 5.3.1 SIMULAÇÃO 1B - CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES ESTIMADOS DE CLASSES DE CONTAMINAÇÃO

#### 1B.1) CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE DRAGAGEM – CLASSE



Figura 150. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação IDW



Figura 151. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação Spline-T

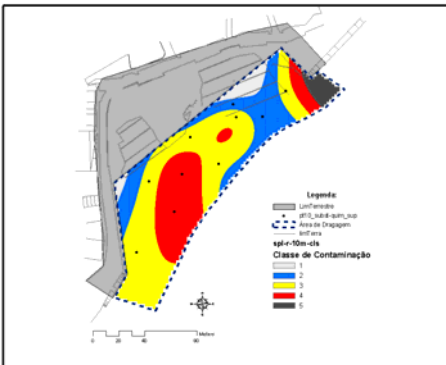


Figura 152. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação Spline-R



Figura 153. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação KRIG-OS



Figura 154. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação KRIG-OE



Figura 155. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação KRIG-OG



Figura 156. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação Krig-OL



Figura 157. Superfície de classificação dos valores estimados das classes de contaminação dos sedimentos dragados obtida a partir da interpolação Krig-UL

**1B.2) CLASSIFICAÇÃO DO RISCO POTENCIAL DE POLUIÇÃO DO MEIO MARINHO DAS ÁREAS DE DRAGAGEM**



Figura 158. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação IDW



Figura 159. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação Spline-T

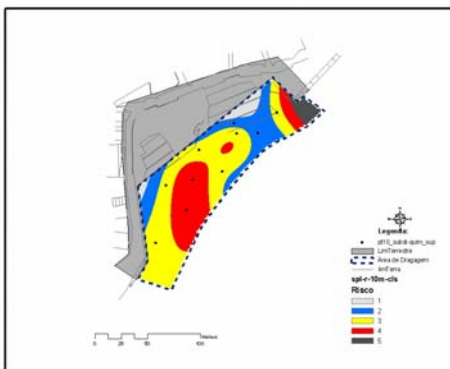


Figura 160. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação Spline-R



Figura 161. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação Krig-OS



Figura 162. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

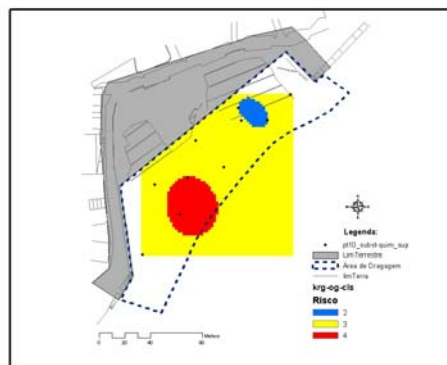


Figura 163. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OG



Figura 164. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OL



Figura 165. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos sedimentos dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

### 1B.3) CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE DRAGAGEM

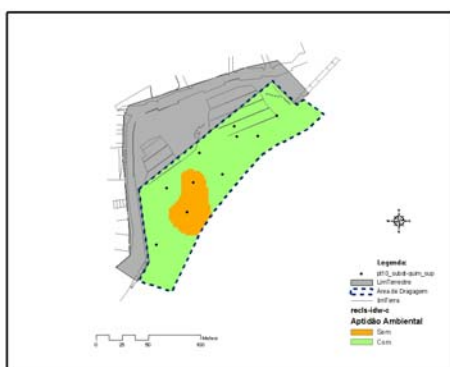


Figura 166. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação IDW



Figura 167. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação Spline-T



Figura 168. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação *Spline-R*



Figura 169. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação *KRIG-OS*

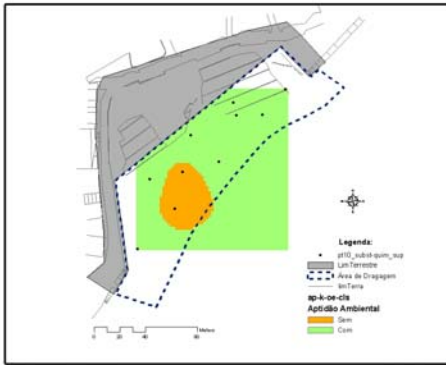


Figura 170. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação *KRIG-OE*

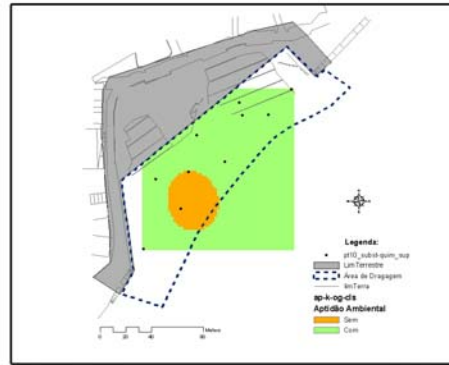


Figura 171. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação *KRIG-OG*



Figura 172. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação *KRIG-OL*



Figura 173. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos sedimentos dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação *KRIG-UL*

**5.3.2- SIMULAÇÃO 2B - CLASSIFICAÇÃO DOS VALORES ESTIMADOS DE CONCENTRAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS ANALISADAS**

**2B.1) CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE DRAGAGEM**

**2B.1A) Classificação das superfícies relativas à variação espacial da concentração das substâncias químicas, *CON FUNCTION*.**

**Arsénio**

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-idw-as] = CON([idw-as] \geq 1000, 5, CON([idw-as] < 1000) \& ([idw-as] \geq 500), 4, CON([idw-as] < 500) \& ([idw-as] \geq 150), 3, CON([idw-as] < 150) \& ([idw-as] \geq 50), 2, 1))$

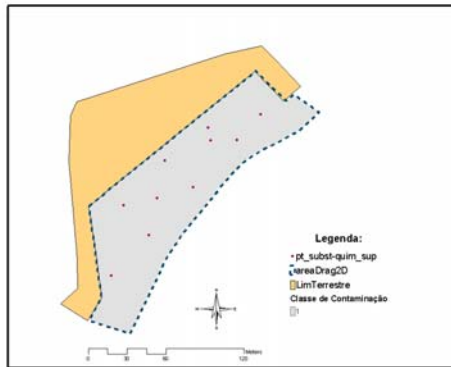


Figura 174. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação IDW.

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-spl-t-as] = CON([spl-t-as] \geq 1000, 5, CON([spl-t-as] < 1000) \& ([spl-t-as] \geq 500), 4, CON([spl-t-as] < 500) \& ([spl-t-as] \geq 150), 3, CON([spl-t-as] < 150) \& ([spl-t-as] \geq 50), 2, 1))$

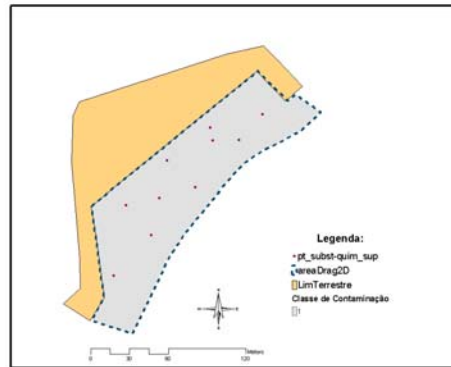


Figura 175. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação *Spline-T*.

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-spl-r-as] = CON([spl-r-as] \geq 1000, 5, CON([spl-r-as] < 1000) \& ([spl-r-as] \geq 500), 4, CON([spl-r-as] < 500) \& ([spl-r-as] \geq 150), 3, CON([spl-r-as] < 150) \& ([spl-r-as] \geq 50), 2, 1))$

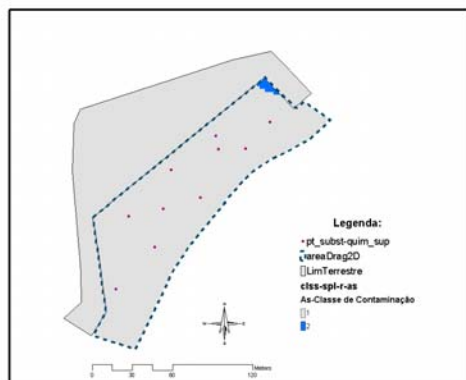


Figura 176. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação *Spline*

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-k-os-as] = CON([krg-os-as] \geq 1000, 5, CON([krg-os-as] < 1000) \& ([krg-os-as] \geq 500), 4, CON([krg-os-as] < 500) \& ([krg-os-as] \geq 150), 3, CON([krg-os-as] < 150) \& ([krg-os-as] \geq 50), 2, 1))$

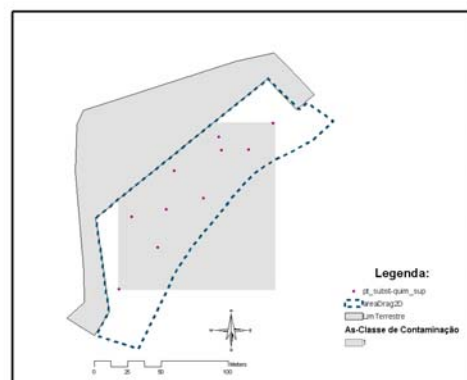


Figura 177. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-oe-as] = CON([krg-oe-as] >= 1000 , 5 , CON((([krg-oe-as] < 1000) & ([krg-oe-as] >= 500) , 4 , CON (([krg-oe-as] < 500) & ([krg-oe-as] >= 150) , 3 , CON((([krg-oe-as] < 150) & ([krg-oe-as] >= 50) , 2 , 1))))))

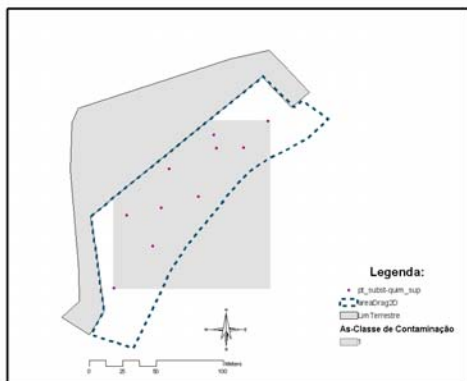


Figura 178. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-og-as] = CON([krg-og-as] >= 1000 , 5 , CON((([krg-og-as] < 1000) & ([krg-og-as] >= 500) , 4 , CON (([krg-og-as] < 500) & ([krg-og-as] >= 150) , 3 , CON((([krg-og-as] < 150) & ([krg-og-as] >= 50) , 2 , 1))))))

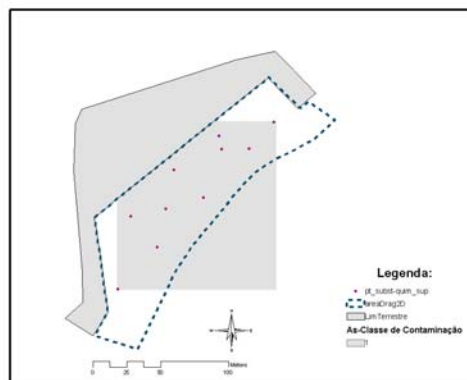


Figura 179. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-ol-as] = CON([krg-ol-as] >= 1000 , 5 , CON((([krg-ol-as] < 1000) & ([krg-ol-as] >= 500) , 4 , CON (([krg-ol-as] < 500) & ([krg-ol-as] >= 150) , 3 , CON((([krg-ol-as] < 150) & ([krg-ol-as] >= 50) , 2 , 1))))))

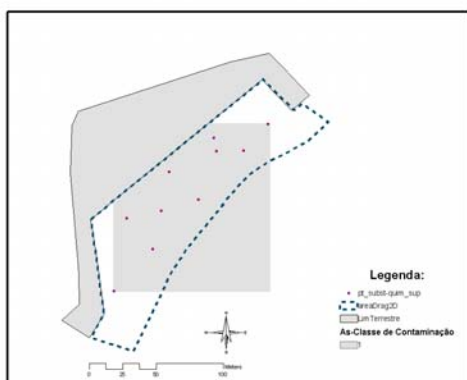


Figura 180. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-ul-as] = CON([krg-ul-as] >= 1000 , 5 , CON((([krg-ul-as] < 1000) & ([krg-ul-as] >= 500) , 4 , CON (([krg-ul-as] < 500) & ([krg-ul-as] >= 150) , 3 , CON((([krg-ul-as] < 150) & ([krg-ul-as] >= 50) , 2 , 1))))))

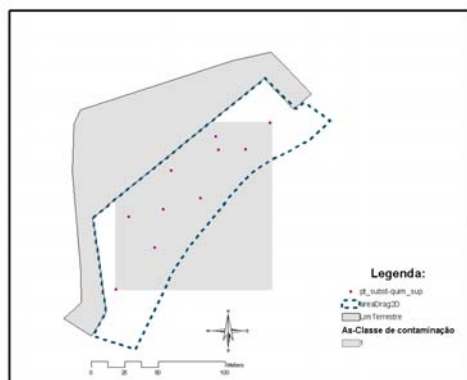


Figura 181. Superfície de classificação do grau de contaminação de As, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

## Cádmio

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-idw-Cd] = \text{CON}([idw-cd] \geq 10, 5, \text{CON}([(idw-cd] < 10) \& ([idw-cd] \geq 5), 4, \text{CON}([(idw-cd] < 5) \& ([idw-cd] \geq 3), 3, \text{CON}([(idw-cd] < 3) \& ([idw-cd] \geq 1), 2, 1)]))$

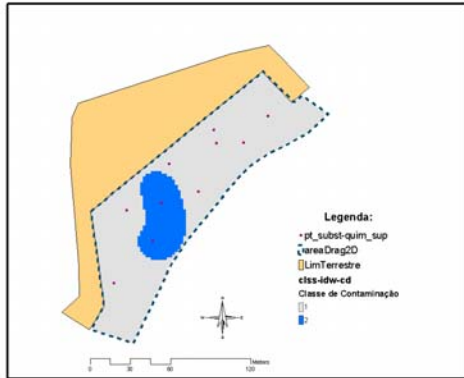


Figura 182. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-spl-t-Cd] = \text{CON}([spl-t-cd] \geq 10, 5, \text{CON}([(spl-t-cd] < 10) \& ([spl-t-cd] \geq 5), 4, \text{CON}([(spl-t-cd] < 5) \& ([spl-t-cd] \geq 3), 3, \text{CON}([(spl-t-cd] < 3) \& ([spl-t-cd] \geq 1), 2, 1)]))$

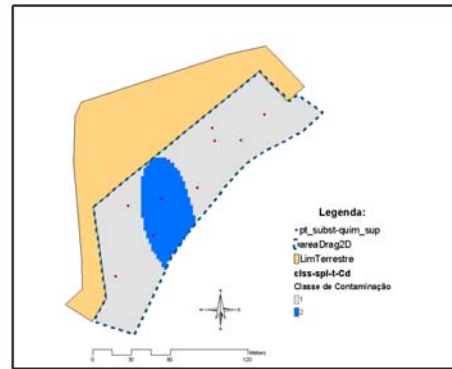


Figura 183. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-spl-r-Cd] = \text{CON}([spl-r-cd] \geq 10, 5, \text{CON}([(spl-r-cd] < 10) \& ([spl-r-cd] \geq 5), 4, \text{CON}([(spl-r-cd] < 5) \& ([spl-r-cd] \geq 3), 3, \text{CON}([(spl-r-cd] < 3) \& ([spl-r-cd] \geq 1), 2, 1)]))$

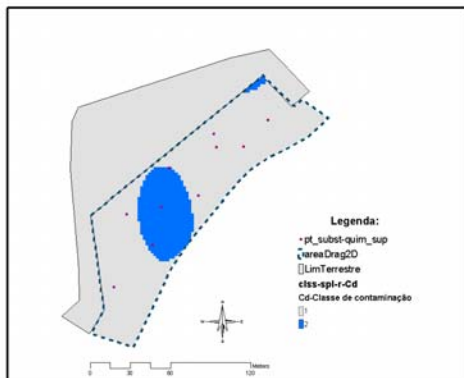


Figura 184. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-k-os-Cd] = \text{CON}([krig-os-cd] \geq 10, 5, \text{CON}([(krig-os-cd] < 10) \& ([krig-os-cd] \geq 5), 4, \text{CON}([(krig-os-cd] < 5) \& ([krig-os-cd] \geq 3), 3, \text{CON}([(krig-os-cd] < 3) \& ([krig-os-cd] \geq 1), 2, 1)]))$

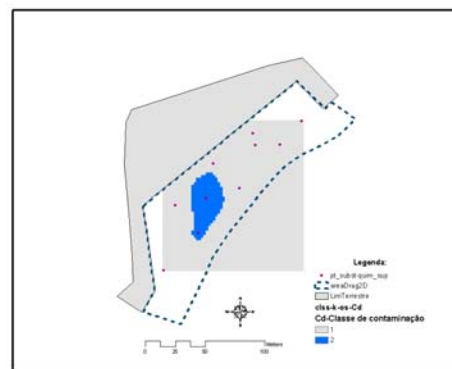


Figura 185. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OS



ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-k-oe-Cd] = \text{CON}([\text{krig-oe-cd}] \geq 10, 5, \text{CON}([\text{krig-oe-cd}] < 10) \& ([\text{krig-oe-cd}] \geq 5), 4, \text{CON}([\text{krig-oe-cd}] < 5) \& ([\text{krig-oe-cd}] \geq 3), 3, \text{CON}([\text{krig-oe-cd}] < 3) \& ([\text{krig-oe-cd}] \geq 1), 2, 1))$

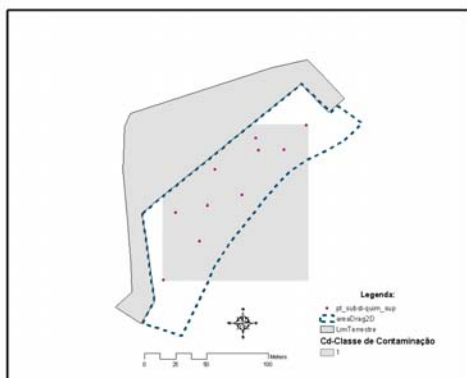


Figura 186. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-k-og-Cd] = \text{CON}([\text{krig-og-cd}] \geq 10, 5, \text{CON}([\text{krig-og-cd}] < 10) \& ([\text{krig-og-cd}] \geq 5), 4, \text{CON}([\text{krig-og-cd}] < 5) \& ([\text{krig-og-cd}] \geq 3), 3, \text{CON}([\text{krig-og-cd}] < 3) \& ([\text{krig-og-cd}] \geq 1), 2, 1))$

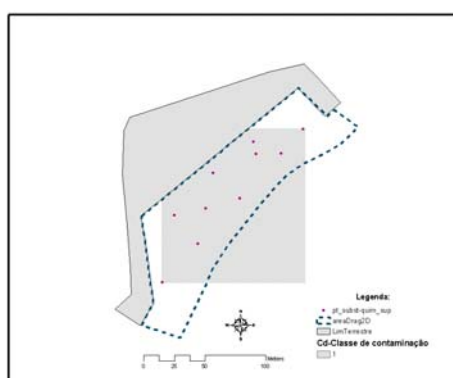


Figura 187. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-k-ol-Cd] = \text{CON}([\text{krig-ol-cd}] \geq 10, 5, \text{CON}([\text{krig-ol-cd}] < 10) \& ([\text{krig-ol-cd}] \geq 5), 4, \text{CON}([\text{krig-ol-cd}] < 5) \& ([\text{krig-ol-cd}] \geq 3), 3, \text{CON}([\text{krig-ol-cd}] < 3) \& ([\text{krig-ol-cd}] \geq 1), 2, 1))$

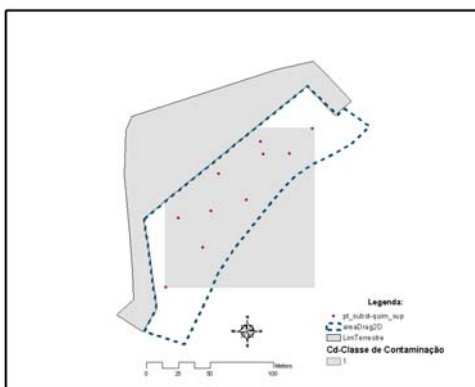


Figura 188. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-k-ul-Cd] = \text{CON}([\text{krig-ul-cd}] \geq 10, 5, \text{CON}([\text{krig-ul-cd}] < 10) \& ([\text{krig-ul-cd}] \geq 5), 4, \text{CON}([\text{krig-ul-cd}] < 5) \& ([\text{krig-ul-cd}] \geq 3), 3, \text{CON}([\text{krig-ul-cd}] < 3) \& ([\text{krig-ul-cd}] \geq 1), 2, 1))$

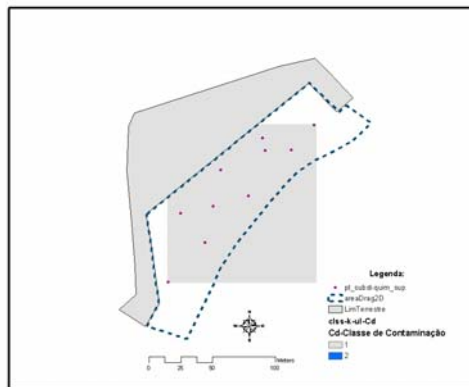


Figura 189. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

## Cobre

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-idw-Cu] = CON([idw-cu] \geq 500, 5, CON((([idw-cu] < 500) \& ([idw-cu] \geq 300), 4, CON((([idw-cu] < 300) \& ([idw-cu] \geq 150), 3, CON((([idw-cu] < 150) \& ([idw-cu] \geq 35), 2, 1))))))$

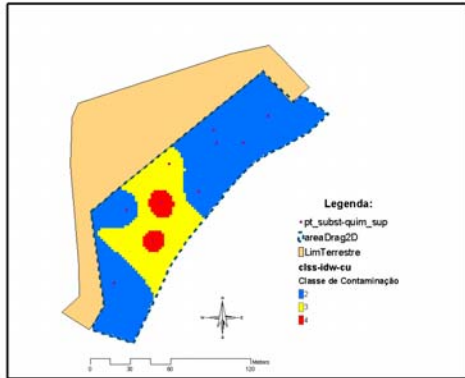


Figura 190. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cu, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-spl-t-Cu] = CON([spl-t-cu] \geq 500, 5, CON((([spl-t-cu] < 500) \& ([spl-t-cu] \geq 300), 4, CON((([spl-t-cu] < 300) \& ([spl-t-cu] \geq 150), 3, CON((([spl-t-cu] < 150) \& ([spl-t-cu] \geq 35), 2, 1))))))$

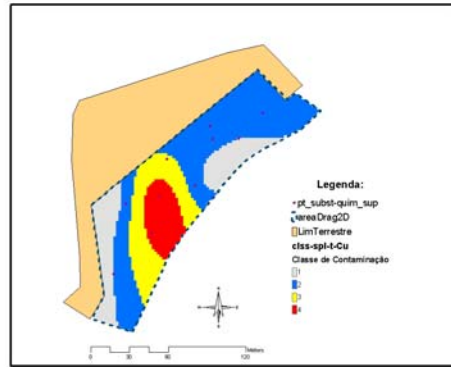


Figura 191. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-spl-r-Cu] = CON([spl-r-cu] \geq 500, 5, CON((([spl-r-cu] < 500) \& ([spl-r-cu] \geq 300), 4, CON((([spl-r-cu] < 300) \& ([spl-r-cu] \geq 150), 3, CON((([spl-r-cu] < 150) \& ([spl-r-cu] \geq 35), 2, 1))))))$

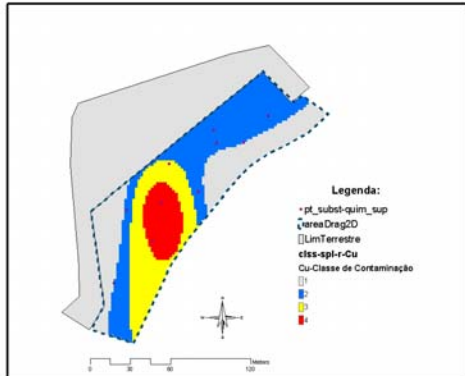


Figura 192. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-k-os-cu] = CON([krg-os-cu] \geq 1000, 5, CON((([krg-os-cu] < 1000) \& ([krg-os-cu] \geq 500), 4, CON((([krg-os-cu] < 500) \& ([krg-os-cu] \geq 150), 3, CON((([krg-os-cu] < 150) \& ([krg-os-cu] \geq 50), 2, 1))))))$

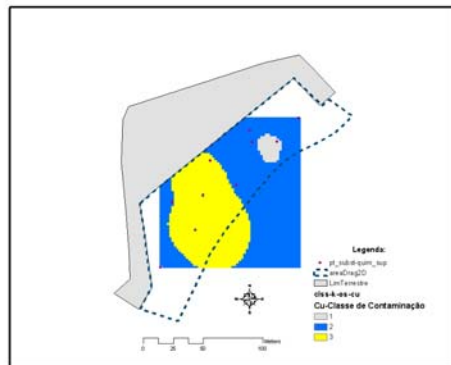


Figura 193. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$clss-k-oe-cu = CON([krg-oe-cu] \geq 1000, 5, CON([krg-oe-cu] < 1000 \& ([krg-oe-cu] \geq 500), 4, CON([krg-oe-cu] < 500 \& ([krg-oe-cu] \geq 150), 3, CON([krg-oe-cu] < 150 \& ([krg-oe-cu] \geq 50), 2, 1)))$

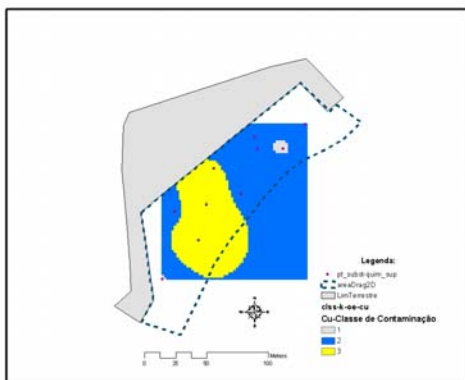


Figura 194. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$clss-k-og-cu = CON([krg-og-cu] \geq 1000, 5, CON([krg-og-cu] < 1000 \& ([krg-og-cu] \geq 500), 4, CON([krg-og-cu] < 500 \& ([krg-og-cu] \geq 150), 3, CON([krg-og-cu] < 150 \& ([krg-og-cu] \geq 50), 2, 1)))$

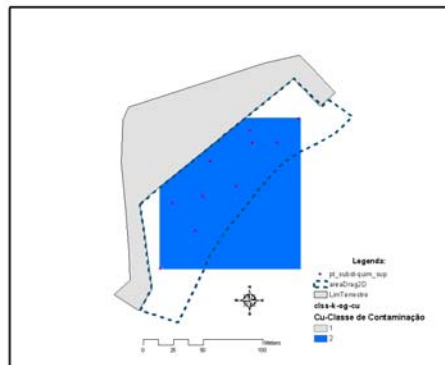


Figura 195. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$clss-k-ol-cu = CON([krg-ol-cu] \geq 1000, 5, CON([krg-ol-cu] < 1000 \& ([krg-ol-cu] \geq 500), 4, CON([krg-ol-cu] < 500 \& ([krg-ol-cu] \geq 150), 3, CON([krg-ol-cu] < 150 \& ([krg-ol-cu] \geq 50), 2, 1)))$

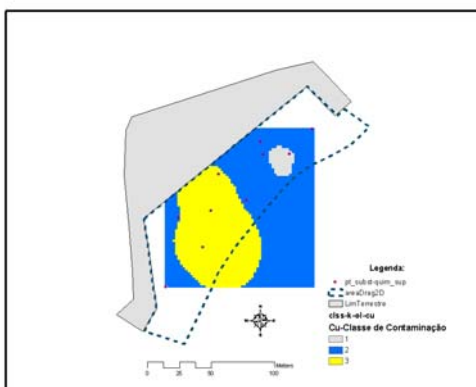


Figura 196. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$clss-k-ul-cu = CON([krg-ul-cu] \geq 1000, 5, CON([krg-ul-cu] < 1000 \& ([krg-ul-cu] \geq 500), 4, CON([krg-ul-cu] < 500 \& ([krg-ul-cu] \geq 150), 3, CON([krg-ul-cu] < 150 \& ([krg-ul-cu] \geq 50), 2, 1)))$

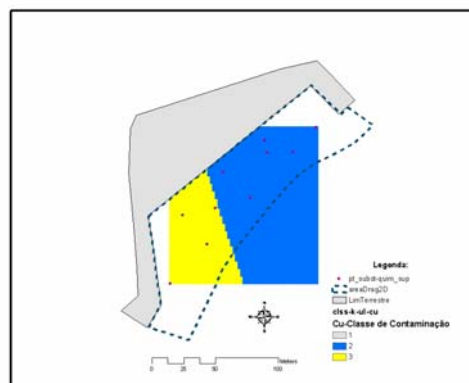


Figura 197. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cd, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

## Crômio

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-idw-Cr] = CON([idw-cr] >= 1000 , 5 , CON((([idw-cr] < 1000) & ([idw-cr] >= 400) , 4 , CON((([idw-cr] < 400) & ([idw-cr] >= 100) , 3 , CON((([idw-cr] < 100) & ([idw-cr] >= 50) , 2 , 1))))))

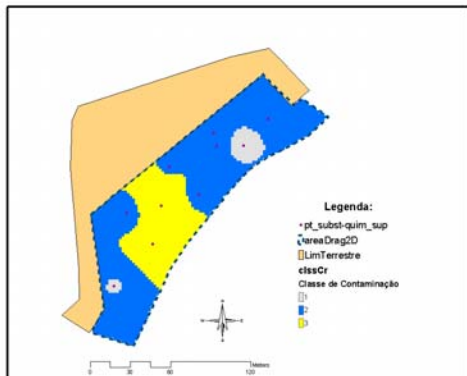


Figura 198. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-spl-t-Cr] = CON([spl-t-cr] >= 1000 , 5 , CON((([spl-t-cr] < 1000) & ([spl-t-cr] >= 400) , 4 , CON((([spl-t-cr] < 400) & ([spl-t-cr] >= 100) , 3 , CON((([spl-t-cr] < 100) & ([spl-t-cr] >= 50) , 2 , 1))))))

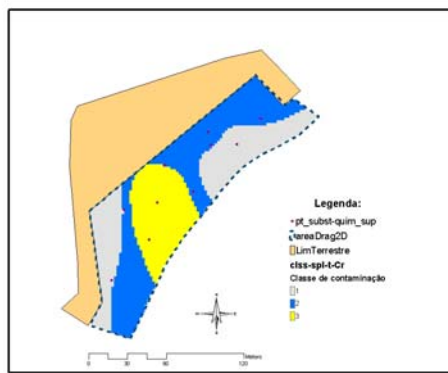


Figura 199. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-spl-r-Cr] = CON([spl-r-cr] >= 1000 , 5 , CON((([spl-r-cr] < 1000) & ([spl-r-cr] >= 400) , 4 , CON((([spl-r-cr] < 400) & ([spl-r-cr] >= 100) , 3 , CON((([spl-r-cr] < 100) & ([spl-r-cr] >= 50) , 2 , 1))))))

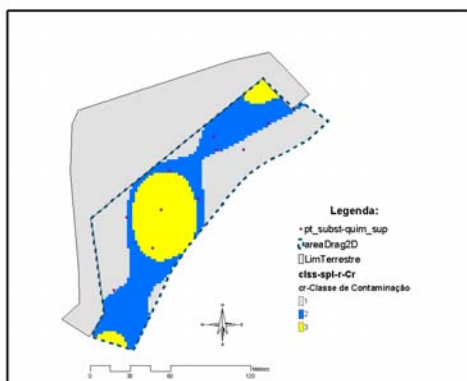


Figura 200. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-os-Cr] = CON([krig-os-cr] >= 1000 , 5 , CON((([krig-os-cr] < 1000) & ([krig-os-cr] >= 400) , 4 , CON((([krig-os-cr] < 400) & ([krig-os-cr] >= 100) , 3 , CON((([krig-os-cr] < 100) & ([krig-os-cr] >= 50) , 2 , 1))))))

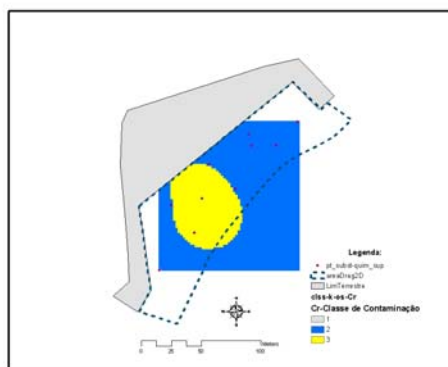


Figura 201. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-oe-Cr] = CON([krg-oe-cr] >= 1000 , 5 , CON((([krg-oe-cr] < 1000) & ([krg-oe-cr] >= 400) , 4 , CON((([krg-oe-cr] < 400) & ([krg-oe-cr] >= 100) , 3 , CON((([krg-oe-cr] < 100) & ([krg-oe-cr] >= 50) , 2 , 1))))))

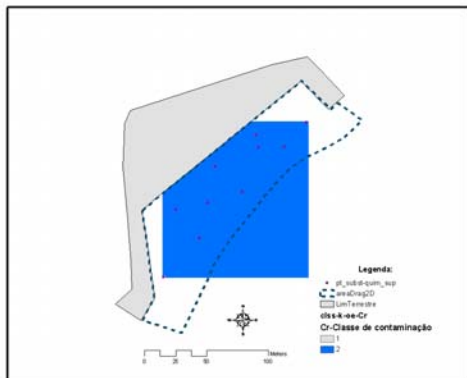


Figura 202. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-og-Cr] = CON([krg-og-cr] >= 1000 , 5 , CON((([krg-og-cr] < 1000) & ([krg-og-cr] >= 400) , 4 , CON((([krg-og-cr] < 400) & ([krg-og-cr] >= 100) , 3 , CON((([krg-og-cr] < 100) & ([krg-og-cr] >= 50) , 2 , 1))))))

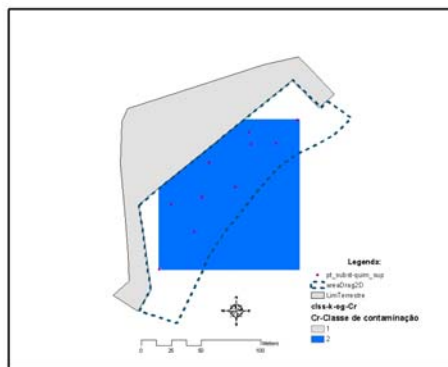


Figura 203. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-ol-Cr] = CON([krg-ol-cr] >= 1000 , 5 , CON((([krg-ol-cr] < 1000) & ([krg-ol-cr] >= 400) , 4 , CON((([krg-ol-cr] < 400) & ([krg-ol-cr] >= 100) , 3 , CON((([krg-ol-cr] < 100) & ([krg-ol-cr] >= 50) , 2 , 1))))))

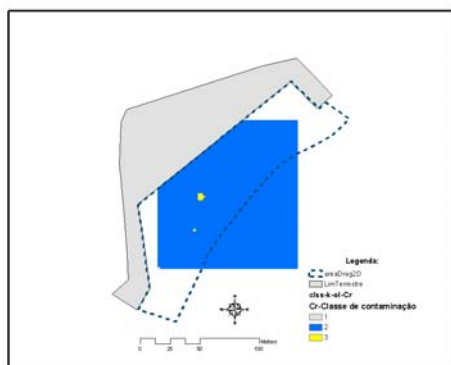


Figura 204. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-ul-Cr] = CON([krg-ul-cr] >= 1000 , 5 , CON((([krg-ul-cr] < 1000) & ([krg-ul-cr] >= 400) , 4 , CON((([krg-ul-cr] < 400) & ([krg-ul-cr] >= 100) , 3 , CON((([krg-ul-cr] < 100) & ([krg-ul-cr] >= 50) , 2 , 1))))))

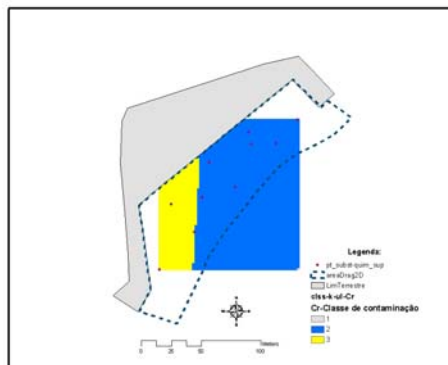


Figura 205. Superfície de classificação do grau de contaminação de Cr, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

## Chumbo

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-idw-Pb] = \text{CON}([idw-pb] \geq 1000, 5, \text{CON}([idw-pb] < 1000 \ \& \ ([idw-pb] \geq 500), 4, \text{CON}([idw-pb] < 500 \ \& \ ([idw-pb] \geq 150), 3, \text{CON}([idw-pb] < 150 \ \& \ ([idw-pb] \geq 50), 2, 1)))$

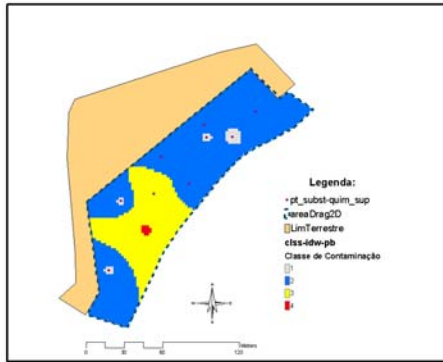


Figura 206. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-spl-t-Pb] = \text{CON}([spl-t-pb] \geq 1000, 5, \text{CON}([spl-t-pb] < 1000 \ \& \ ([spl-t-pb] \geq 500), 4, \text{CON}([spl-t-pb] < 500 \ \& \ ([spl-t-pb] \geq 150), 3, \text{CON}([spl-t-pb] < 150 \ \& \ ([spl-t-pb] \geq 50), 2, 1)))$

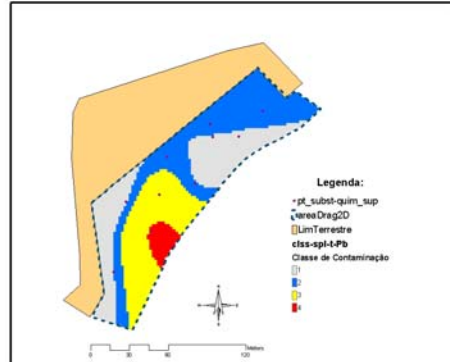


Figura 207. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-spl-r-Pb] = \text{CON}([spl-r-pb] \geq 1000, 5, \text{CON}([spl-r-pb] < 1000 \ \& \ ([spl-r-pb] \geq 500), 4, \text{CON}([spl-r-pb] < 500 \ \& \ ([spl-r-pb] \geq 150), 3, \text{CON}([spl-r-pb] < 150 \ \& \ ([spl-r-pb] \geq 50), 2, 1)))$

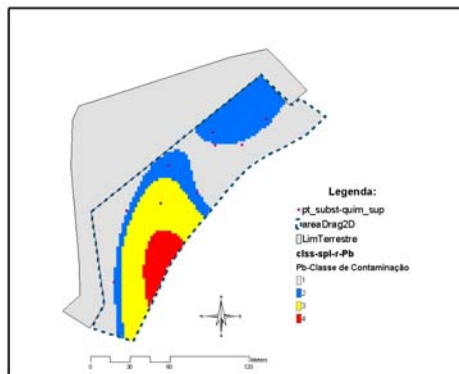


Figura 208. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[clss-k-os-Pb] = \text{CON}([krig-os-pb] \geq 1000, 5, \text{CON}([krig-os-pb] < 1000 \ \& \ ([krig-os-pb] \geq 500), 4, \text{CON}([krig-os-pb] < 500 \ \& \ ([krig-os-pb] \geq 150), 3, \text{CON}([krig-os-pb] < 150 \ \& \ ([krig-os-pb] \geq 50), 2, 1)))$

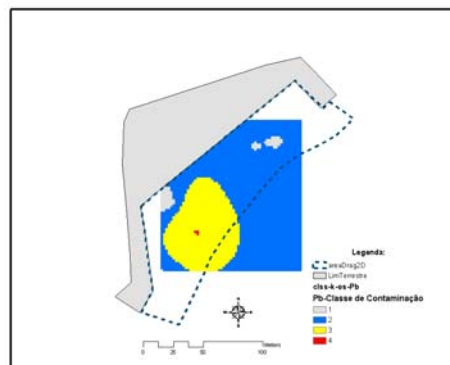


Figura 209. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[class-k-oe-Pb] = CON([krg-oe-pb] \geq 1000, 5, CON([krg-oe-pb] < 1000) \& ([krg-oe-pb] \geq 500), 4, CON([krg-oe-pb] < 500) \& ([krg-oe-pb] \geq 150), 3, CON([krg-oe-pb] < 150) \& ([krg-oe-pb] \geq 50), 2, 1))$

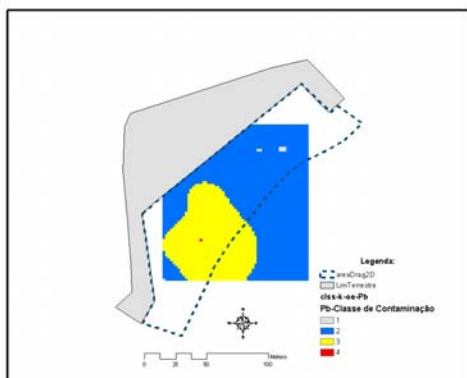


Figura 210. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[class-k-og-Pb] = CON([krg-og-pb] \geq 1000, 5, CON([krg-og-pb] < 1000) \& ([krg-og-pb] \geq 500), 4, CON([krg-og-pb] < 500) \& ([krg-og-pb] \geq 150), 3, CON([krg-og-pb] < 150) \& ([krg-og-pb] \geq 50), 2, 1))$

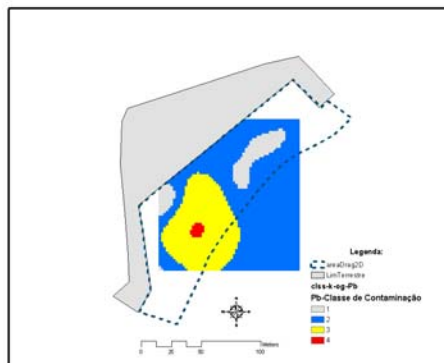


Figura 211. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[class-k-ol-Pb] = CON([krg-ol-pb] \geq 1000, 5, CON([krg-ol-pb] < 1000) \& ([krg-ol-pb] \geq 500), 4, CON([krg-ol-pb] < 500) \& ([krg-ol-pb] \geq 150), 3, CON([krg-ol-pb] < 150) \& ([krg-ol-pb] \geq 50), 2, 1))$

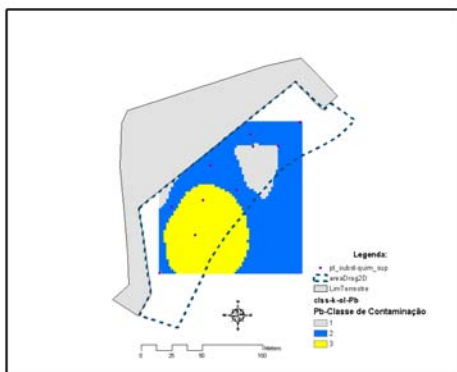


Figura 212. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[class-k-ul-Pb] = CON([krg-ul-pb] \geq 1000, 5, CON([krg-ul-pb] < 1000) \& ([krg-ul-pb] \geq 500), 4, CON([krg-ul-pb] < 500) \& ([krg-ul-pb] \geq 150), 3, CON([krg-ul-pb] < 150) \& ([krg-ul-pb] \geq 50), 2, 1))$

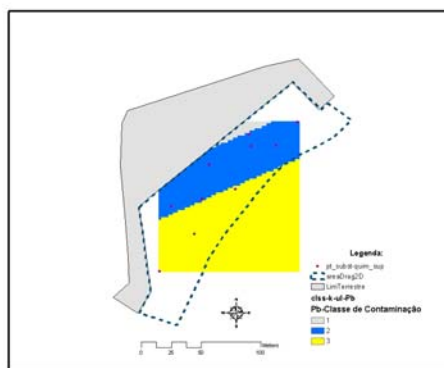


Figura 213. Superfície de classificação do grau de contaminação de Pb, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

## Mercúrio

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-idw-Hg] = CON([idw-hg] >= 10 , 5 , CON((([idw-hg] < 10) & ([idw-hg] >= 3) , 4 , CON((([idw-hg] < 3) & ([idw-hg] >= 1.5) , 3 , CON((([idw-hg] < 1.5) & ([idw-hg] >= 0.5) , 2 , 1))))))

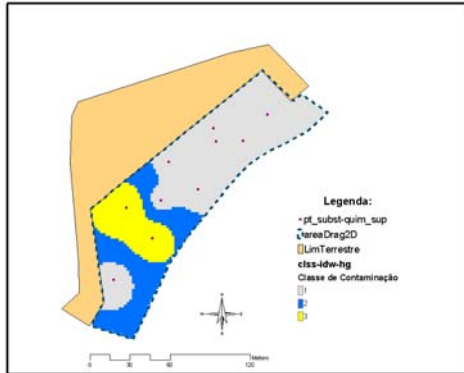


Figura 214. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-spl-t-Hg] = CON([spl-t-hg] >= 10 , 5 , CON((([spl-t-hg] < 10) & ([spl-t-hg] >= 3) , 4 , CON((([spl-t-hg] < 3) & ([spl-t-hg] >= 1.5) , 3 , CON((([spl-t-hg] < 1.5) & ([spl-t-hg] >= 0.5) , 2 , 1))))))

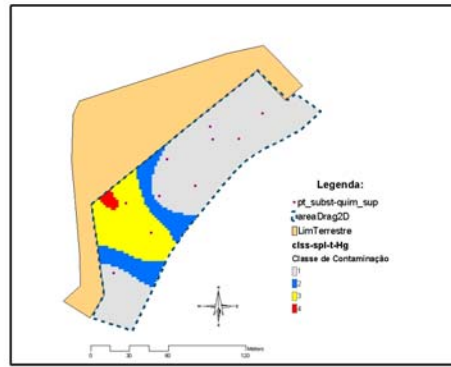


Figura 215. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-spl-r-Hg] = CON([spl-r-hg] >= 10 , 5 , CON((([spl-r-hg] < 10) & ([spl-r-hg] >= 3) , 4 , CON((([spl-r-hg] < 3) & ([spl-r-hg] >= 1.5) , 3 , CON((([spl-r-hg] < 1.5) & ([spl-r-hg] >= 0.5) , 2 , 1))))))

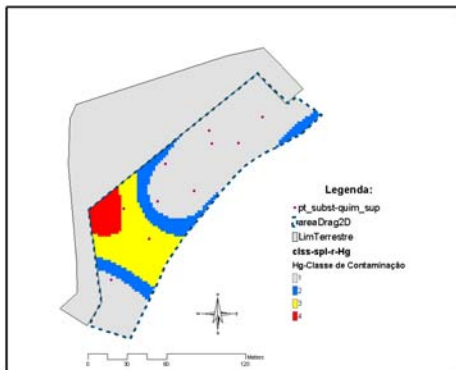


Figura 216. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-os-Hg] = CON([krg-os-hg] >= 10 , 5 , CON((([krg-os-hg] < 10) & ([krg-os-hg] >= 3) , 4 , CON((([krg-os-hg] < 3) & ([krg-os-hg] >= 1.5) , 3 , CON((([krg-os-hg] < 1.5) & ([krg-os-hg] >= 0.5) , 2 , 1))))))

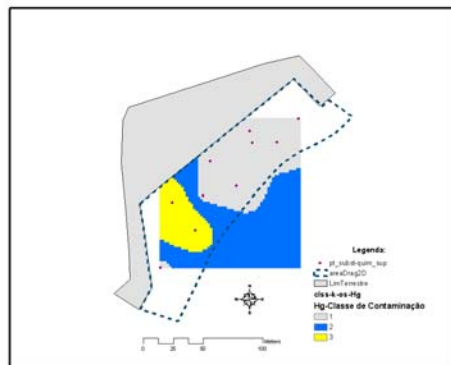


Figura 217. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação KRIG-OS



ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-oe-Hg] = CON([krg-oe-hg] >= 10 , 5 , CON((([krg-oe-hg] < 10) & ([krg-oe-hg] >= 3) , 4 , CON((([krg-oe-hg] < 3) & ([krg-oe-hg] >= 1.5) , 3 , CON((([krg-oe-hg] < 1.5) & ([krg-oe-hg] >= 0.5) , 2 , 1))))))

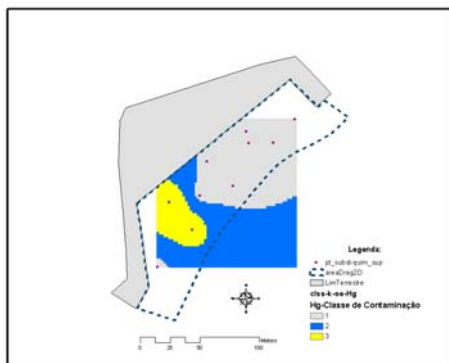


Figura 218. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-og-Hg] = CON([krg-og-hg] >= 10 , 5 , CON((([krg-og-hg] < 10) & ([krg-og-hg] >= 3) , 4 , CON((([krg-og-hg] < 3) & ([krg-og-hg] >= 1.5) , 3 , CON((([krg-og-hg] < 1.5) & ([krg-og-hg] >= 0.5) , 2 , 1))))))

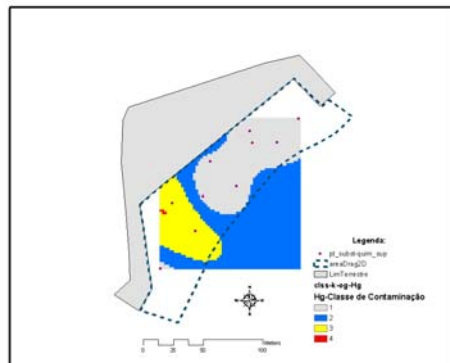


Figura 219. Superfície de classificação do grau de contaminação de Hg, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-ol-Hg] = CON([krg-ol-hg] >= 10 , 5 , CON((([krg-ol-hg] < 10) & ([krg-ol-hg] >= 3) , 4 , CON((([krg-ol-hg] < 3) & ([krg-ol-hg] >= 1.5) , 3 , CON((([krg-ol-hg] < 1.5) & ([krg-ol-hg] >= 0.5) , 2 , 1))))))

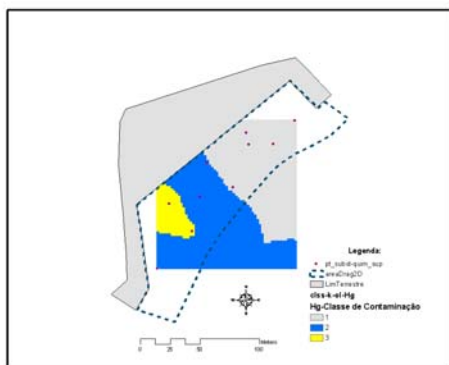


Figura 220. KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-ul-Hg] = CON([krg-ul-hg] >= 10 , 5 , CON((([krg-ul-hg] < 10) & ([krg-ul-hg] >= 3) , 4 , CON((([krg-ul-hg] < 3) & ([krg-ul-hg] >= 1.5) , 3 , CON((([krg-ul-hg] < 1.5) & ([krg-ul-hg] >= 0.5) , 2 , 1))))))

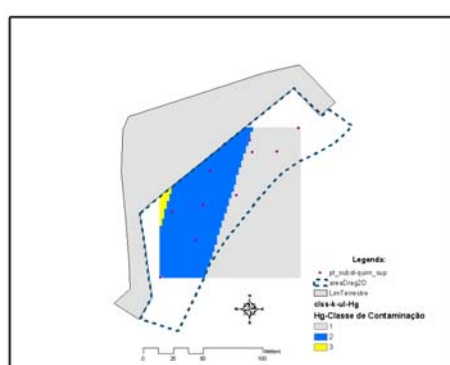


Figura 221. KRIG-UL

## Níquel

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[class-idw-Ni] = CON([idw-ni2] \geq 250, 5, CON((([idw-ni2] < 250) \& ([idw-ni2] \geq 125), 4, CON((([idw-ni2] < 125) \& ([idw-ni2] \geq 75), 3, CON((([idw-ni2] < 75) \& ([idw-ni2] \geq 30), 2, 1))))))$

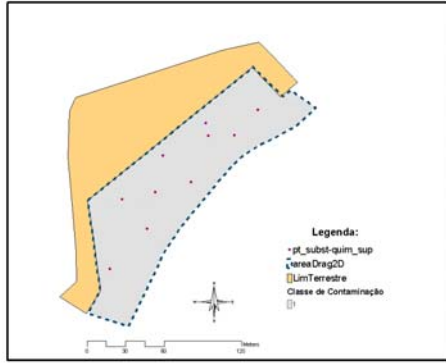


Figura 222. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$class-spl-t-Ni = CON([spl-t-ni] \geq 250, 5, CON((([spl-t-ni] < 250) \& ([spl-t-ni] \geq 125), 4, CON((([spl-t-ni] < 125) \& ([spl-t-ni] \geq 75), 3, CON((([spl-t-ni] < 75) \& ([spl-t-ni] \geq 30), 2, 1))))))$

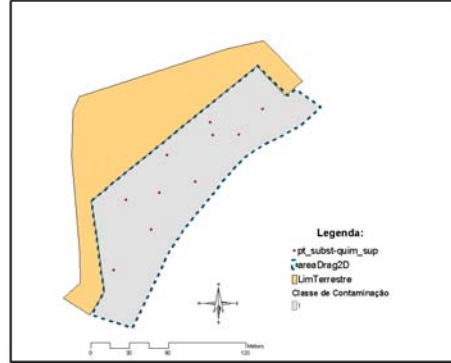


Figura 223. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[class-spl-r-Ni] = CON([spl-r-ni] \geq 250, 5, CON((([spl-r-ni] < 250) \& ([spl-r-ni] \geq 125), 4, CON((([spl-r-ni] < 125) \& ([spl-r-ni] \geq 75), 3, CON((([spl-r-ni] < 75) \& ([spl-r-ni] \geq 30), 2, 1))))))$

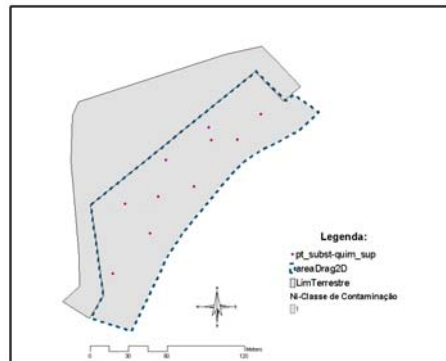


Figura 224. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[class-k-os-Ni] = CON([krg-os-ni] \geq 250, 5, CON((([krg-os-ni] < 250) \& ([krg-os-ni] \geq 125), 4, CON((([krg-os-ni] < 125) \& ([krg-os-ni] \geq 75), 3, CON((([krg-os-ni] < 75) \& ([krg-os-ni] \geq 30), 2, 1))))))$

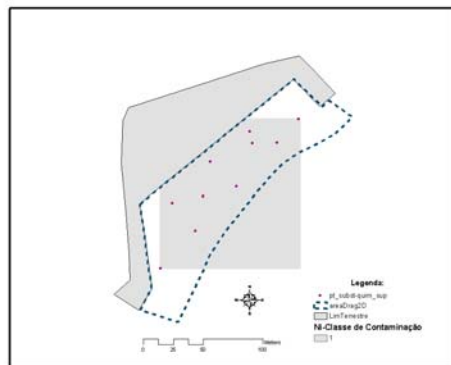


Figura 225. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-oe-Ni] = CON([krg-oe-ni] >= 250 , 5 , CON((([krg-oe-ni] < 250) & ([krg-oe-ni] >= 125) , 4 , CON((([krg-oe-ni] < 125) & ([krg-oe-ni] >= 75) , 3 , CON((([krg-oe-ni] < 75) & ([krg-oe-ni] >= 30) , 2 , 1))))))

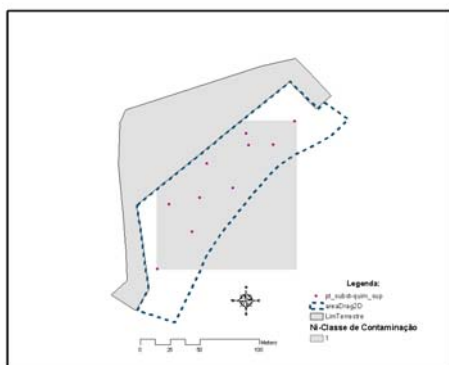


Figura 226. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-ol-Ni] = CON([krg-ol-ni] >= 250 , 5 , CON((([krg-ol-ni] < 250) & ([krg-ol-ni] >= 125) , 4 , CON((([krg-ol-ni] < 125) & ([krg-ol-ni] >= 75) , 3 , CON((([krg-ol-ni] < 75) & ([krg-ol-ni] >= 30) , 2 , 1))))))

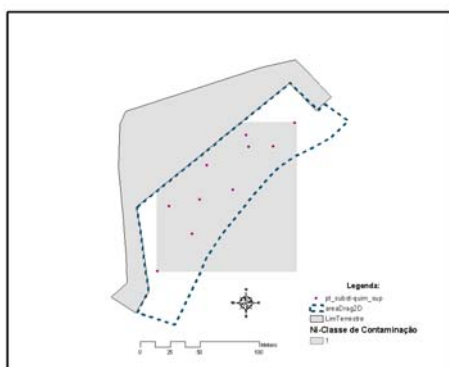


Figura 228. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-og-Ni] = CON([krg-og-ni] >= 250 , 5 , CON((([krg-og-ni] < 250) & ([krg-og-ni] >= 125) , 4 , CON((([krg-og-ni] < 125) & ([krg-og-ni] >= 75) , 3 , CON((([krg-og-ni] < 75) & ([krg-og-ni] >= 30) , 2 , 1))))))

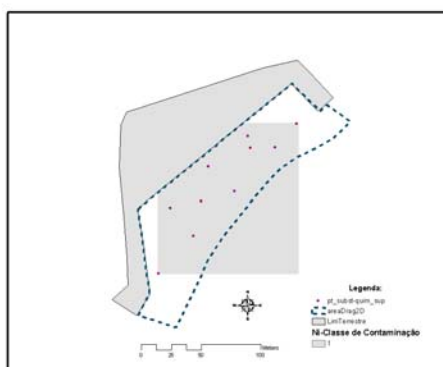


Figura 227. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-ul-Ni] = CON([krg-ul-ni] >= 250 , 5 , CON((([krg-ul-ni] < 250) & ([krg-ul-ni] >= 125) , 4 , CON((([krg-ul-ni] < 125) & ([krg-ul-ni] >= 75) , 3 , CON((([krg-ul-ni] < 75) & ([krg-ul-ni] >= 30) , 2 , 1))))))

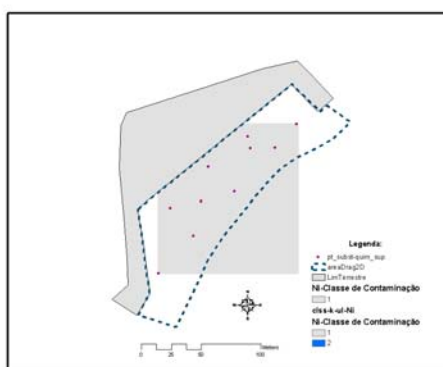


Figura 229. Superfície de classificação do grau de contaminação de Ni, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

## Zinco

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-idw-Zn] = CON([idw-zn] >= 5000 , 5 , CON((([idw-zn] < 5000) & ([idw-zn] >= 1500) , 4 , CON((([idw-zn] < 1500) & ([idw-zn] >= 600) , 3 , CON((([idw-zn] < 600) & ([idw-zn] >= 100) , 2 , 1))))))

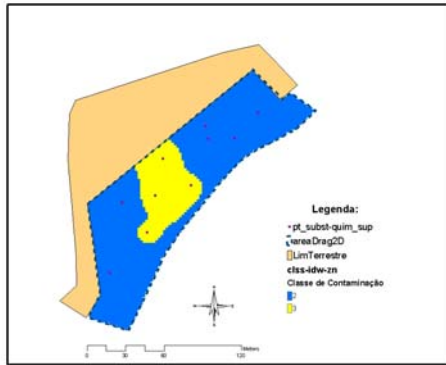


Figura 230. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-spl-t-Zn] = CON([spl-t-zn] >= 5000 , 5 , CON((([spl-t-zn] < 5000) & ([spl-t-zn] >= 1500) , 4 , CON((([spl-t-zn] < 1500) & ([spl-t-zn] >= 600) , 3 , CON((([spl-t-zn] < 600) & ([spl-t-zn] >= 100) , 2 , 1))))))

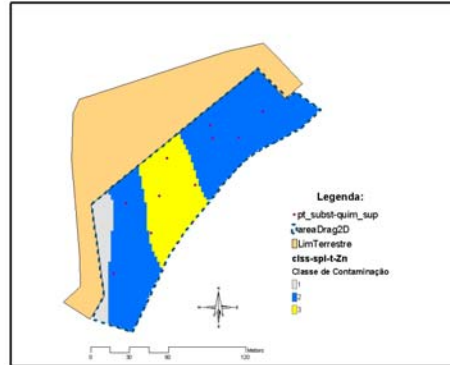


Figura 231. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-spl-r-Zn] = CON([spl-r-zn] >= 5000 , 5 , CON((([spl-r-zn] < 5000) & ([spl-r-zn] >= 1500) , 4 , CON((([spl-r-zn] < 1500) & ([spl-r-zn] >= 600) , 3 , CON((([spl-r-zn] < 600) & ([spl-r-zn] >= 100) , 2 , 1))))))

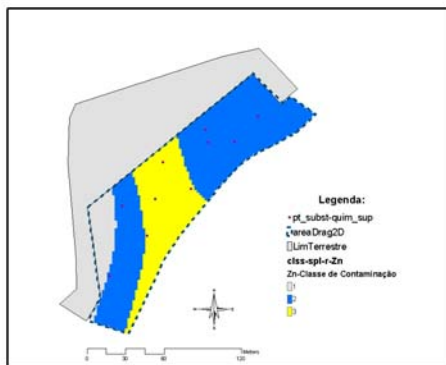


Figura 232. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-os-Zn] = CON([krg-os-zn] >= 5000 , 5 , CON((([krg-os-zn] < 5000) & ([krg-os-zn] >= 1500) , 4 , CON((([krg-os-zn] < 1500) & ([krg-os-zn] >= 600) , 3 , CON((([krg-os-zn] < 600) & ([krg-os-zn] >= 100) , 2 , 1))))))

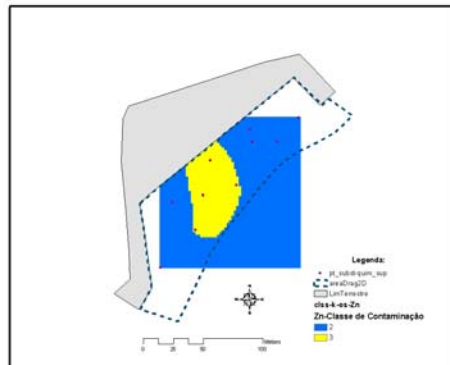


Figura 233. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-oe-Zn] = CON([krig-oe-zn] >= 5000 , 5 ,  
 CON((([krig-oe-zn] < 5000) & ([krig-oe-zn] >= 1500) , 4 ,  
 CON((([krig-oe-zn] < 1500) & ([krig-oe-zn] >= 600) , 3 ,  
 CON((([krig-oe-zn] < 600) & ([krig-oe-zn] >= 100) , 2 , 1))))))

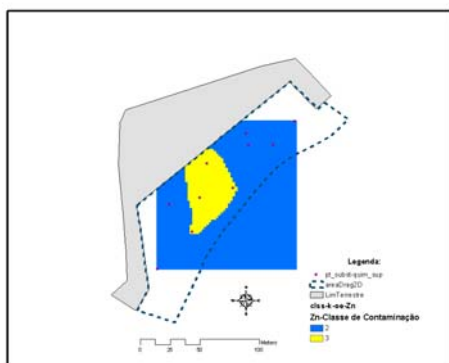


Figura 234. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-og-Zn] = CON([krig-og-zn] >= 5000 , 5 ,  
 CON((([krig-og-zn] < 5000) & ([krig-og-zn] >= 1500) , 4 ,  
 CON((([krig-og-zn] < 1500) & ([krig-og-zn] >= 600) , 3 ,  
 CON((([krig-og-zn] < 600) & ([krig-og-zn] >= 100) , 2 , 1))))))

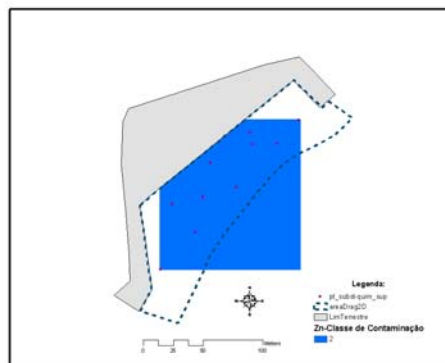


Figura 235. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-ol-Zn] = CON([krig-ol-zn] >= 5000 , 5 , CON((([krig-ol-zn] < 5000) & ([krig-ol-zn] >= 1500) , 4 , CON((([krig-ol-zn] < 1500) & ([krig-ol-zn] >= 600) , 3 , CON((([krig-ol-zn] < 600) & ([krig-ol-zn] >= 100) , 2 , 1))))))

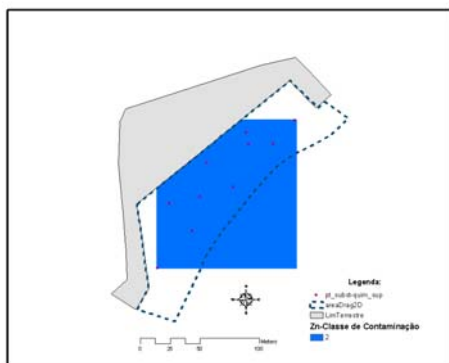


Figura 236. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-ul-Zn] = CON([krig-ul-zn] >= 5000 , 5 , CON((([krig-ul-zn] < 5000) & ([krig-ul-zn] >= 1500) , 4 , CON((([krig-ul-zn] < 1500) & ([krig-ul-zn] >= 600) , 3 , CON((([krig-ul-zn] < 600) & ([krig-ul-zn] >= 100) , 2 , 1))))))

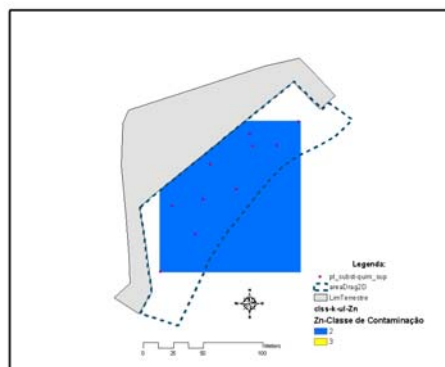


Figura 237. Superfície de classificação do grau de contaminação de Zn, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

## PAH

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-idw-PAH] = CON([idw-pah] >= 20000 , 5 ,  
 CON(((idw-pah) < 20000) & ((idw-pah) >= 6000) , 4 ,  
 CON(((idw-pah) < 6000) & ((idw-pah) >= 2000) , 3 ,  
 CON(((idw-pah) < 2000) & ((idw-pah) >= 300) , 2 , 1))))

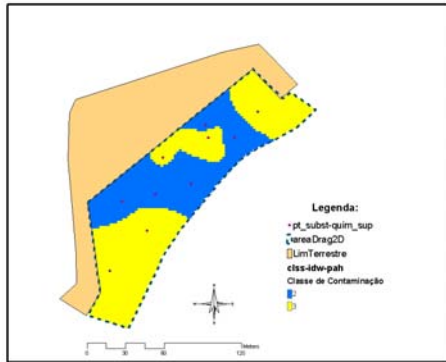


Figura 238. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-spl-t-PAH] = CON([spl-t-pah] >= 20000 , 5 ,  
 CON(((spl-t-pah) < 20000) & ((spl-t-pah) >= 6000) , 4 ,  
 CON(((spl-t-pah) < 6000) & ((spl-t-pah) >= 2000) , 3 ,  
 CON(((spl-t-pah) < 2000) & ((spl-t-pah) >= 300) , 2 , 1))))

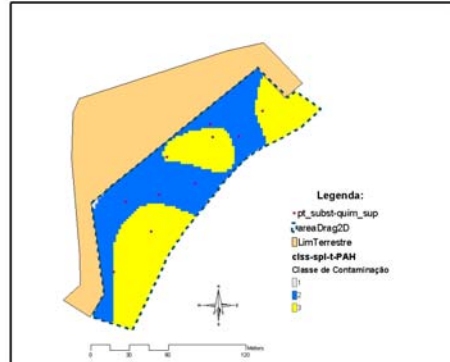


Figura 239. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-spl-r-PAH] = CON([spl-r-pah] >= 20000 , 5 ,  
 CON(((spl-r-pah) < 20000) & ((spl-r-pah) >= 6000) , 4 ,  
 CON(((spl-r-pah) < 6000) & ((spl-r-pah) >= 2000) , 3 ,  
 CON(((spl-r-pah) < 2000) & ((spl-r-pah) >= 300) , 2 , 1))))

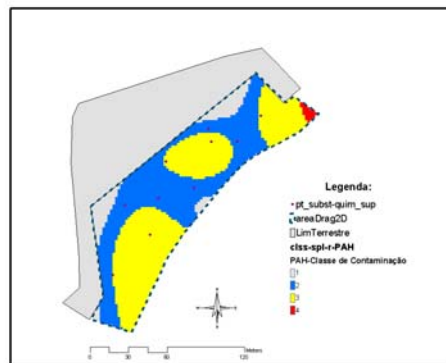


Figura 240. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[clss-k-os-PAH] = CON([krig-os-pah] >= 20000 , 5 ,  
 CON(((krig-os-pah) < 20000) & ((krig-os-pah) >= 6000) , 4 ,  
 CON(((krig-os-pah) < 6000) & ((krig-os-pah) >= 2000) , 3 ,  
 CON(((krig-os-pah) < 2000) & ((krig-os-pah) >= 300) , 2 , 1))))

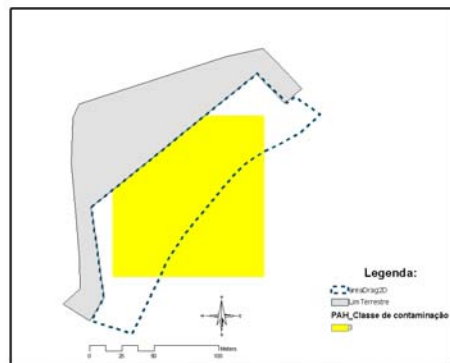


Figura 241. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-oe-PAH] = CON([krig-oe-pah] >= 20000 , 5 ,  
CON([krig-oe-pah] < 20000) & ([krig-oe-pah] >= 6000) , 4  
, CON([krig-oe-pah] < 6000) & ([krig-oe-pah] >= 2000) , 3  
, CON([krig-oe-pah] < 2000) & ([krig-oe-pah] >= 300) , 2 ,  
1))))

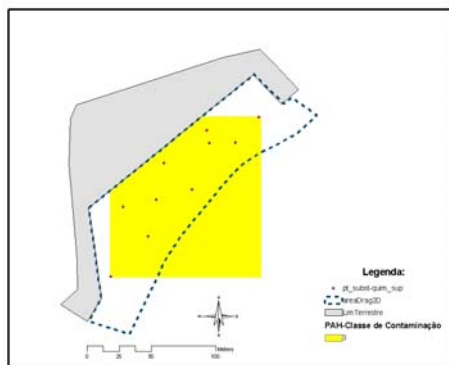


Figura 242. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-og-PAH] = CON([krig-og-pah] >= 20000 , 5 ,  
CON([krig-og-pah] < 20000) & ([krig-og-pah] >= 6000) , 4  
, CON([krig-og-pah] < 6000) & ([krig-og-pah] >= 2000) , 3  
, CON([krig-og-pah] < 2000) & ([krig-og-pah] >= 300) , 2 ,  
1))))

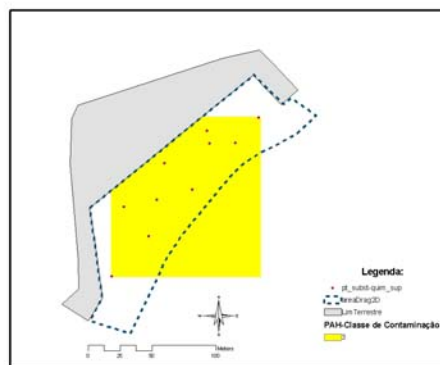


Figura 243. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-ol-PAH] = CON([krig-ol-pah] >= 20000 , 5 ,  
CON([krig-ol-pah] < 20000) & ([krig-ol-pah] >= 6000) , 4 ,  
CON([krig-ol-pah] < 6000) & ([krig-ol-pah] >= 2000) , 3 ,  
CON([krig-ol-pah] < 2000) & ([krig-ol-pah] >= 300) , 2 ,  
1))))

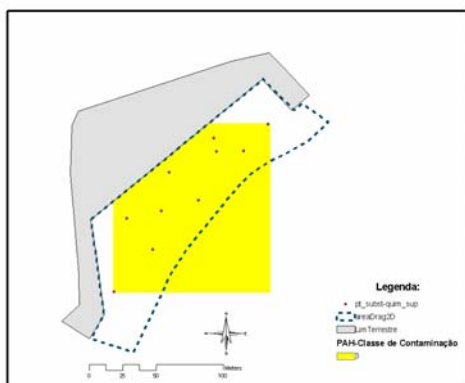


Figura 244. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[class-k-ul-PAH] = CON([krig-ul-pah] >= 20000 , 5 ,  
CON([krig-ul-pah] < 20000) & ([krig-ul-pah] >= 6000) , 4 ,  
CON([krig-ul-pah] < 6000) & ([krig-ul-pah] >= 2000) , 3 ,  
CON([krig-ul-pah] < 2000) & ([krig-ul-pah] >= 300) , 2 ,  
1))))

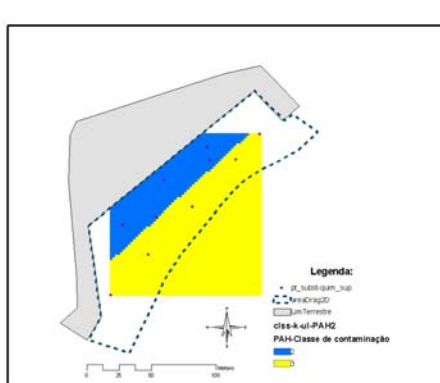


Figura 245. Superfície de classificação do grau de contaminação de PAHs, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

**3B.1B)** Classificação das amostras sedimentares com base na totalidade das superfícies de interpolação classificadas de cada parâmetro interpolado, MAX FUNCTION.

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[Classe-idw] = MAX([clss-idw-as] , [clss-idw-cd] , [clss-idw-cu] , [clss-idw-hg] , [clss-idw-ni] , [clss-idw-pah] , [clss-idw-pb] , [clss-idw-zn])

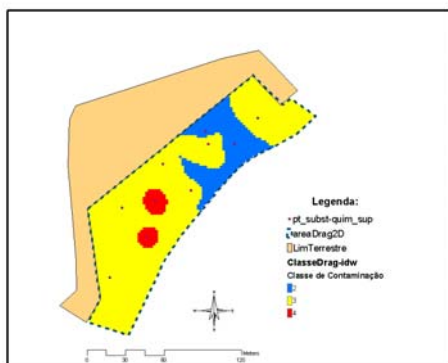


Figura 246. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[Classe-spl-t] = MAX([clss-spl-t-as] , [clss-spl-t-Cd] , [clss-spl-t-Cr] , [clss-spl-t-Cu] , [clss-spl-t-Hg] , [clss-spl-t-Ni] , [clss-spl-t-PAH] , [clss-spl-t-Pb] , [clss-spl-t-Zn])

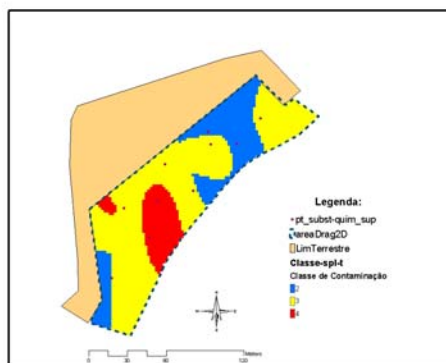


Figura 247. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[Classe-spl-r]= MAX([clss-spl-r-as] , [clss-spl-r-Cd] , [clss-spl-r-Cr] , [clss-spl-r-Cu] , [clss-spl-r-Hg] , [clss-spl-r-Ni] , [clss-spl-r-PAH] , [clss-spl-r-Pb] , [clss-spl-r-Zn])

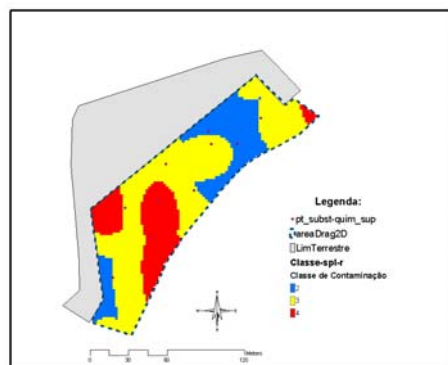


Figura 248. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:

[Classe-krig-os]= MAX([cls-krig-os-ni] , [cls-krig-os-as] , [cls-krig-os-cd] , [cls-krig-os-cr] , [cls-krig-os-cu] , [cls-krig-os-hg] , [cls-krig-os-pb] , [cls-krig-os-zn] , [cls-k-os-PAH])

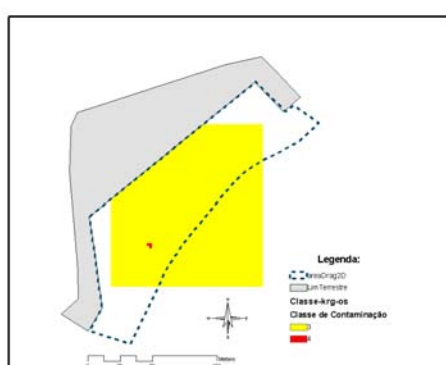


Figura 249. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OS



ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[Classe-krig-oe] = \text{MAX}([cls-krig-oe-ni], [cls-krig-oe-as], [cls-krig-oe-cd], [cls-krig-oe-cr], [cls-krig-oe-cu], [cls-krig-oe-hg], [cls-krig-oe-pb], [cls-krig-oe-zn], [clss-k-oe-PAH])$

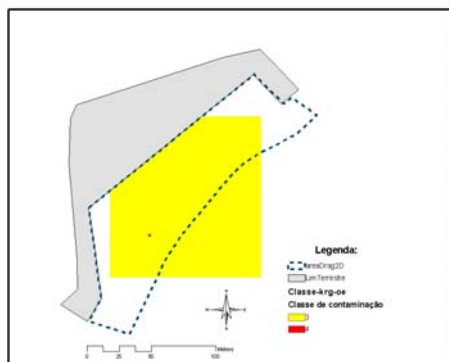


Figura 250. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[Classe-krig-og] = \text{MAX}([cls-k-og-pah], [cls-krig-og-as], [cls-krig-og-cd], [cls-krig-og-cr], [cls-krig-og-cu], [cls-krig-og-hg], [cls-krig-og-ni], [cls-krig-og-pb], [cls-krig-og-zn])$

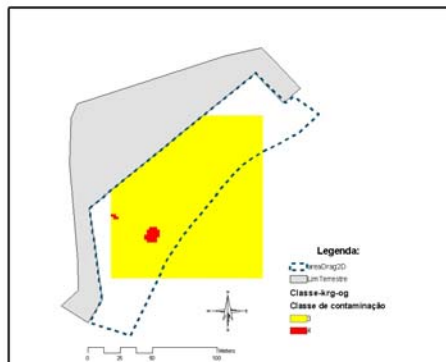


Figura 251. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[Classe-krig-ol] = \text{MAX}([cls-k-ol-pah], [cls-krig-ol-as], [cls-krig-ol-cd], [cls-krig-ol-cr], [cls-krig-ol-cu], [cls-krig-ol-hg], [cls-krig-ol-ni], [cls-krig-ol-pb], [cls-krig-ol-zn])$

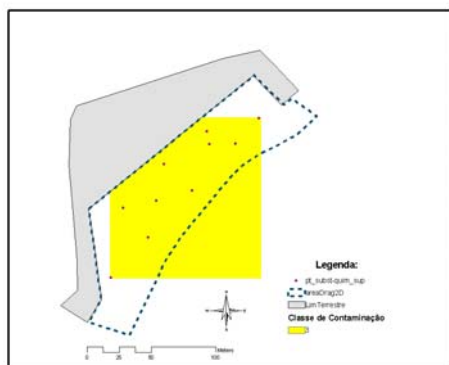


Figura 252. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:

$[Classe-krig-ul] = \text{MAX}([cls-krig-ul-ni], [cls-krig-ul-as], [cls-krig-ul-cd], [cls-krig-ul-cr], [cls-krig-ul-cu], [cls-krig-ul-hg], [cls-krig-ul-pb], [cls-krig-ul-zn], [clss-k-ul-pah])$

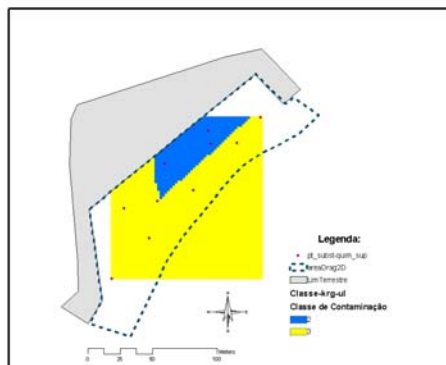


Figura 253. Superfície de classificação do grau de contaminação dos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

## 2B.2) CLASSIFICAÇÃO DO RISCO POTENCIAL DE POLUIÇÃO DO MEIO MARINHO DAS ÁREAS DE DRAGAGEM

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[RISCO-spl-t] = [Classe-spl-t]

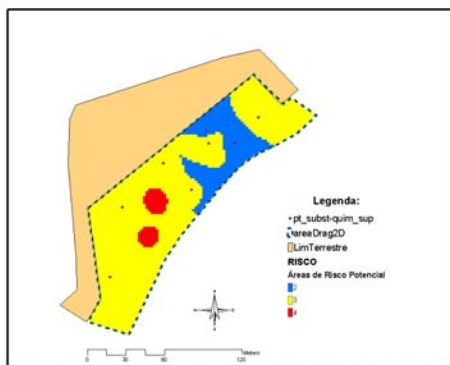


Figura 254. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[RISCO-idw] = [Classe idw]

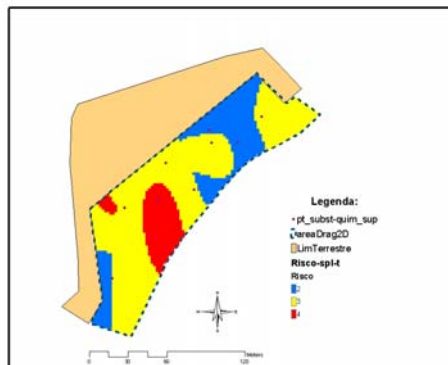


Figura 255. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[RISCO-spl-r] = [Classe-spl-r]

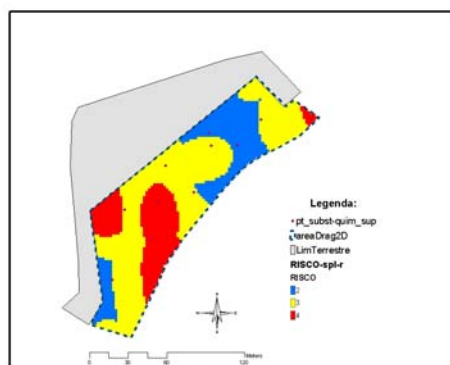


Figura 256. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[RISCO-krig-os] = [Classe-krig-os]

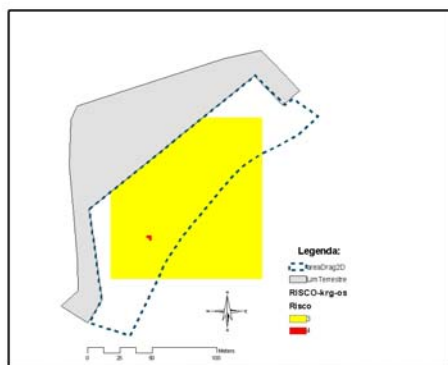


Figura 257. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[RISCO-krig-oe] = [Classe-krig-o]

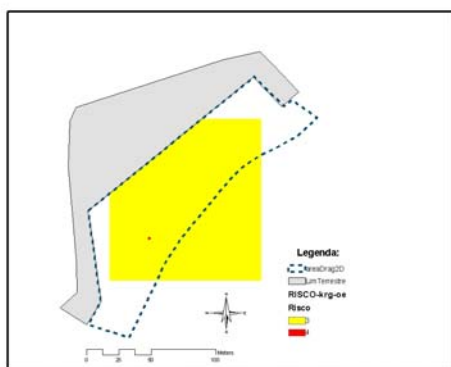


Figura 258. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[RISCO-krig-og] = [Classe-krig-og]

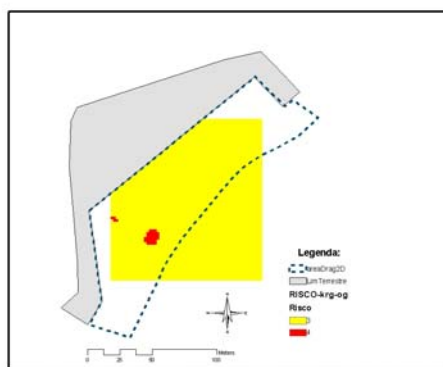


Figura 259. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[RISCO-krig-ol] = [Classe-krig-ol]

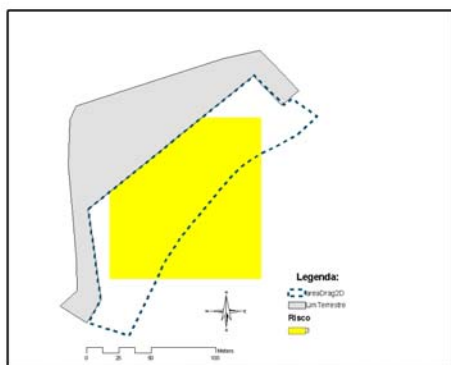


Figura 260. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[RISCO-krig-ul] = [Classe-krig-ul]

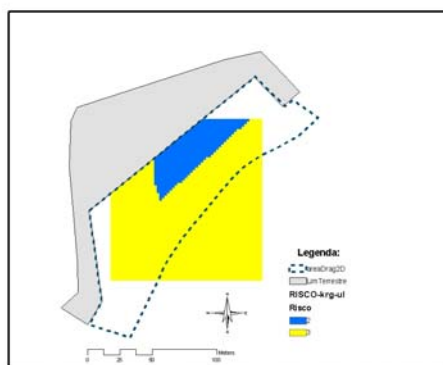


Figura 261. Superfície de classificação do risco potencial de poluição do meio marinho pelos materiais dragados, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

### 2B.3) CLASSIFICAÇÃO DA APTIDÃO AMBIENTAL DAS ÁREAS DE DRAGAGEM

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
 $[ApAmb-idw] = CON([RISCO-idw] \geq 4, 0, 1)$

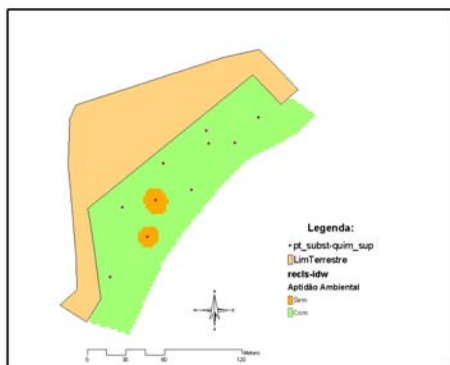


Figura 262. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação IDW

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
 $[ApAmb-idw] = CON([RISCO-idw] \geq 4, 0, 1)$

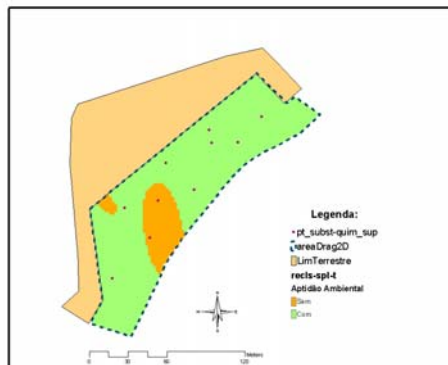


Figura 263. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação Spline-T

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
 $[ApAmb-spl-r] = CON([RISCO-spl-r] \geq 4, 0, 1)$

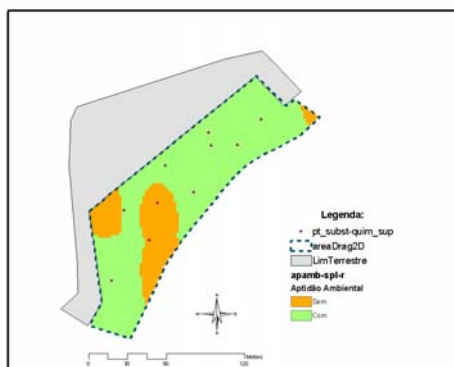


Figura 264. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação Spline-R

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
 $[ApAmb-krig-os] = CON([RISCO-krig-os] \geq 4, 0, 1)$

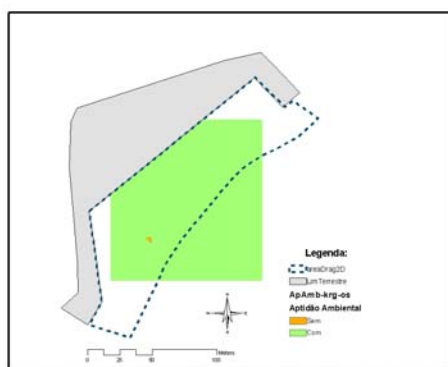


Figura 265. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OS

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
 $[ApAmb-krig-oe] = CON([RISCO-krig-oe] \geq 4, 0, 1)$

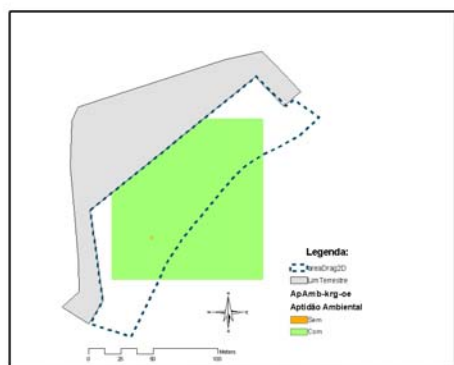


Figura 266. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OE

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
 $[ApAmb-krig-og] = CON([RISCO-krig-og] \geq 4, 0, 1)$

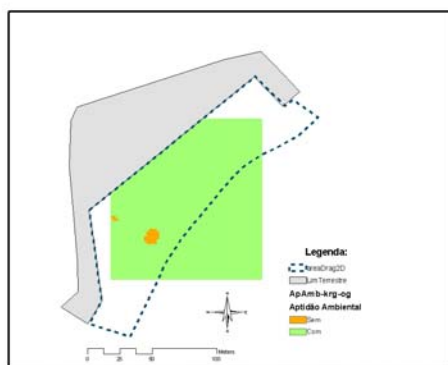


Figura 267. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OG

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[ApAmb-krig-ol] = CON([RISCO-krig-ol] >= 4 , 0 , 1)

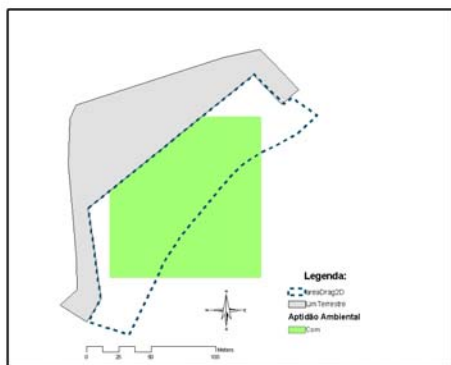


Figura 268. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-OL

ÁLGEBRA DE MAPAS:  
[ApAmb-krig-ul] = CON([RISCO-krig-ul] >= 4 , 0 , 1)

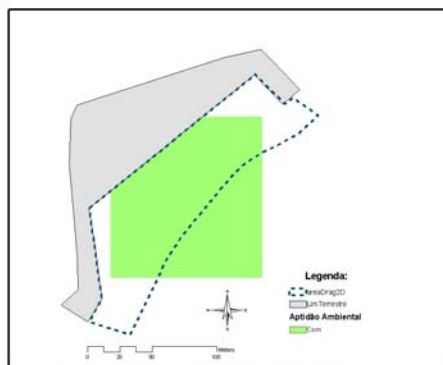


Figura 269. Superfície de classificação da aptidão ambiental dos materiais dragados para a imersão no mar, obtida a partir da interpolação KRIG-UL

#### 5.4- CÁLCULO DOS VOLUMES DE MATERIAIS DRAGADOS COM E SEM APTIDÃO AMBIENTAL E, RESPECTIVAS ÁREAS DE DRAGAGEM - EM MODELO VECTORIAL – TIN E EM MODELO RASTER

Não foram construídos mapas e, apenas, foi enunciado o método de procedimento, ver ponto 3.8. Neste trabalho os cálculos foram efectuados sobre as superfícies *raster* e *TIN*, recorrendo a álgebra de mapas.

## **ANEXO 6 – APÊNDICE**

### **6.1- DIRECTIVAS EUROPEIAS E CONVENÇÕES INTERNACIONAIS SOBRE O AMBIENTE MARINHO**

Um dos objectivos da Comunidade Europeia é a protecção do ambiente e da melhoria da qualidade de vida. O programa de acção das Comunidade Europeias em matéria de ambiente prevê um certo número de medidas para proteger as águas doces e marinhas contra determinados poluentes, procurando assegurar uma protecção eficaz do meio aquático da Comunidade.

Foi estabelecida uma lista (Directiva das C.E., 76/464/CEE), relativa à poluição causada por determinadas substâncias perigosas lançadas no meio aquático da comunidade que, inclui substâncias individuais, escolhidas com base na sua toxicidade, persistência e bioacumulação e, substâncias que têm um efeito prejudicial sobre o meio aquático (efeito esse que pode ser limitado a uma determinada zona e que depende das características das águas de recepção e da sua localização). A descarga dessas substâncias deve estar submetida a uma autorização prévia que fixe as normas de emissão, considerando que é necessário reduzir e eliminar a poluição das águas, causada pela descarga das diversas substâncias enunciadas na lista apresentada naquela directiva.

#### **LISTAS DE SUBSTÂNCIAS A CONSIDERAR PARA ANÁLISE EM SEDIMENTOS PORTUÁRIOS, NO ÂMBITO DA DIRECTIVA 76/464/CEE (1976)**

##### **6.1.1- LISTA I**

*Lista das substâncias individuais que fazem parte das famílias e grupos de substâncias a seguir indicadas, a escolher principalmente com base na toxicidade, persistência e bioacumulação, com excepção das que são biologicamente inofensivas ou que se transformam rapidamente em substâncias biologicamente inofensivas.*

- ⇒ Compostos orgânicos de um halogéneo e substâncias que podem produzir tais compostos no meio aquático.
- ⇒ Compostos orgânicos de fósforo.
- ⇒ Compostos orgânicos de estanho.
- ⇒ Substâncias em relação às quais se provou que possuem um poder cancerígeno no meio aquático ou por intermédio deste.
- ⇒ Mercúrio e compostos de mercúrio.
- ⇒ Cádmio e compostos de cádmio.
- ⇒ Óleos minerais persistentes e hidrocarbonetos de origem petrolífera persistentes.

- ⇒ Matérias sintéticas persistentes, que podem flutuar, ficar em suspensão ou afundar-se e que podem prejudicar qualquer utilização das águas.

### 6.1.2- LISTA II

*Lista de famílias e grupos de substâncias que têm um efeito prejudicial no meio aquático que pode todavia ser limitado a uma certa zona e que depende das características das águas de recepção e da respectiva localização.*

#### Metaloides e metais, assim como os respectivos compostos:

1. Zinco	8. Antimónio	15. Urânio
2. Cobre	9. Molibdénio	16. Vanádio
3. Níquel	10. Titânio	17. Cobalto
4. Crómio	11. Estanho	18. Tálcio
5. Chumbo	12. Bário	19. Telúrio
6. Selénio	13. Berílio	20. Prata
7. Arsénio	14. Boro	

- ⇒ Bioácidos e respectivos derivados.
- ⇒ Substâncias que têm um efeito prejudicial no gosto e/ou cheiro dos produtos para o consumo do homem, derivados do meio aquático, assim como os compostos susceptíveis de produzir tais substâncias nas águas.
- ⇒ Compostos orgânicos de silício tóxicos ou persistentes e substâncias que podem produzir tais compostos nas águas, com exclusão dos que são biologicamente inofensivos ou que se transformam rapidamente na água em substâncias inofensivas.
- ⇒ Compostos orgânicos de fósforo e fósforo elementar.
- ⇒ Óleos minerais não persistentes e hidrocarbonetos de origem petrolífera não persistentes.
- ⇒ Cianetos e fluretos.
- ⇒ Substâncias que exercem uma influência desfavorável no balanço do oxigénio, designadamente amoníaco e nitritos.

Com base nos textos de várias Convenções Internacionais, que têm por fim proteger os cursos de água internacionais e o meio marinho contra a poluição, tem sido promovida a elaboração de diplomas com vista a assegurar a aplicação harmoniosa dessas convenções, Convenção de Londres (1972), Convenção de Oslo (1972), Convenção MARPOL (1973-78), Convenção OSPAR (1992).

A Convenção de Oslo para Prevenção da Poluição Marinha Causada por Operações de Imersão Efectuadas por Navios e Aeronaves (Convenção de Oslo, 1972) foi ratificada por Portugal, através do Dec. 491/72, de 6 de Dezembro. Mediante a celebração desta Convenção, pretendia-se que os Estados intervenientes tomassem medidas contra a poluição dos mares por substâncias susceptíveis de colocar em perigo a saúde humana, bem como a fauna e flora marítima.

No nosso país foi elaborado em 1995 o Despacho Conjunto entre os MINISTÉRIOS DO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS E DO MAR, de forma a serem aplicadas as medidas preconizadas na Directiva das C.E., 76/464/CEE e Convenções Internacionais.

Assim, dando cumprimento ao disposto naquelas convenções, definem-se as regras técnicas a que devem obedecer as operações de dragagem e de imersão dos materiais dragados. O DC-D.R.141/1995 de 21 de Junho, estabelece as normas técnicas de avaliação e gestão do material dragado e de elaboração e execução de programas de monitorização dos locais de deposição de dragados.

O IPTM ao desenvolver a sua actividade, sobretudo, em áreas portuárias localizadas em zonas costeiras, muitas delas compreendendo estuários, certamente que se encontra em condições de poder fornecer um contributo apreciável na procura de soluções possíveis relativamente aos mais diversos aspectos da problemática em referência (PAIXÃO, 2000).

## **6.2. APRESENTAÇÃO DOS CONTAMINANTES DISCRIMINADOS NA LEGISLAÇÃO EM VIGOR**

As tabelas XII a XXII resumem as principais características, propriedades, ocorrências e usos das substâncias químicas discriminadas no DC-D.R. n.º 141/1995 de 21 de Junho, e, foram adaptadas de RUSSEL (1992), MICROSOFT (1998) e DIAS (1999).



## 6.2.1- CONTAMINANTES INORGÂNICOS

### ARSÊNIO

Tabela 12 Substância: Arsênio

Nome	Arsênio
Símbolo	As
N.º Atômico	33
Massa atômica (u.m.a)	74,92
N.º Grupo	15
Descrição	O Arsênio é um elemento semi-metálico que, ocupa a 52ª posição entre os elementos mais abundantes da constituição das rochas da crosta terrestre.
Propriedades e Ocorrências	<p>Este elemento é conhecido desde os tempos ancestrais.</p> <p>O arsênio é quimicamente um elemento intermédio entre os elementos metálicos e os não metálicos, quando é aquecido sublima-se, passando directamente do estado sólido para o estado gasoso a 613°C.</p> <p>Uma forma comum do arsênio é cinzenta, de aparência metálica e com densidade relativa de (5,7). A forma amarela, não metálica, tem uma densidade relativa de (2,0).</p> <p>O arsênio ocorre frequentemente no lugar de algum do enxofre dos sulfuretos, que são os principais minérios de muitos dos metais existentes.</p> <p>Alguns minerais comuns de arsênio são: a arsenopirite (Fe As S) o realgar (As<sub>2</sub>S<sub>2</sub>), o ouro-pimento (As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) e o trióxido de arsénico (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), ocasionalmente encontra-se o elemento nativo na natureza.</p> <p>Quando estes minérios são calcinados (queimados), o arsênio sublima-se e pode ser reunido a partir das cinzas como um subproduto.</p>
Usos	<p>O arsênio é usado em grandes quantidades no fabrico do vidro, para eliminar a cor verde causada pelas impurezas dos compostos de ferro (uma carga típica num forno de fundição do vidro contém 0,5% de trióxido de arsénico).</p> <p>O arsênio é por vezes adicionado ao chumbo (Pb) para o endurecer, e é também usado no fabrico de alguns gases venenosos militares, como a <a href="#">lewisite</a> (gás tóxico composto por acetileno e arsénico) e <a href="#">adamsite</a>.</p> <p>Até à introdução da <a href="#">penicilina</a>, o arsênio foi de uma grande importância no tratamento da <i>sífilis</i>. Em outros usos médicos, foi substituído por antibióticos.</p> <p>O <a href="#">arsenato de chumbo</a>, o <a href="#">arsenato de cálcio</a> e o “<a href="#">paris verde</a>” são intensamente usados como insecticidas.</p> <p>Certos compostos de arsênio são usados como semicondutores, como o</p>

	<p>arseneto de gálio (<b>GaAs</b>) que é ainda usado em material laser.</p> <p>O dissulfureto de arsénio (<b>As<sub>2</sub>S<sub>2</sub></b>), conhecido como “auripigmento <i>vermelho</i>” e “<i>arsénio rubi</i>”, é usado como um pigmentador no fabrico do fogo de artifício e tintas.</p> <p>O arsénio é tóxico em doses significativamente grandes, superiores a 65mg (~1gr), e a sua acção de envenenamento pode originar-se a partir de uma única grande dose, ou a partir de repetidas pequenas doses, como por exemplo a inalação de gases ou poeiras arseniadas.</p> <p>Por outro lado, algumas pessoas, particularmente uma comunidade das montanhas do sul da Austrália (chamadas de “comedores de arsénio”), descobriram que o arsénio tem um efeito tónico e desenvolveram uma tolerância para isso; estas pessoas podem ingerir diariamente uma quantidade muito significativa deste elemento, que seria normalmente uma dose fatal. Esta tolerância, no entanto, não as protege contra uma mesma quantidade de arsénio ministrado hipodermicamente.</p> <p>Um teste de confiança que possa detectar a presença de quantidades mínimas de arsénio é frequentemente importante, pois este elemento é um violento e potente veneno.</p> <p>Até ao momento o arsénio é largamente usado, e portanto é um contaminante frequente.</p>
--	--

## CÁDMIO

Tabela 13 Substância Cádmio

Nome	Cádmio
Símbolo	Cd
N.º Atómico	48
Massa atómica (u.m.a)	112,40
N.º Grupo	12
Descrição	O cádmio é um elemento metálico branco-prateado, que pode facilmente ser moldado, ocupa a 65ª posição entre os elementos mais abundantes da constituição das rochas da crosta terrestre.
Propriedades e Ocorrências	<p>O cádmio foi descoberto em 1817, pelo químico alemão Fredrich Stromeyer, sob a forma de incrustações nas fornalhas de zinco, sendo inclusive muito parecido com o zinco quanto às suas propriedades físicas e químicas, ainda que seja mais mole e com ponto de fusão mais baixo.</p> <p>O cádmio funde a (321°C) e entra em ebulição aos 765°C, tem uma <b>densidade relativa</b> de (8,64) e <b>Massa atómica (u.m.a)</b> (112,40).</p> <p>Quando aquecido o cádmio brilha no ar com uma luz resplandecente, formando o óxido de cádmio (<b>CdO</b>).</p> <p>O cádmio ocorre como constituinte principal de um único mineral, mineral esse muito raro, a <a href="#">greenockite</a>.</p> <p>Quase todo o cádmio produzido é obtido como um subproduto no refinamento dos minérios de zinco. A destilação fraccionada ou a electrólise, também são usadas para separar o cádmio do zinco.</p>
Usos	<p>O cádmio pode ser electroliticamente depositado como um revestimento de metais, principalmente no revestimento do ferro ou aço, sobre os quais o cádmio forma uma camada quimicamente resistente.</p> <p>O cádmio faz baixar os pontos de fusão dos metais com os quais se encontra ligado, é usado com o chumbo, estanho e bismuto no fabrico de metais fusíveis para sistemas e aparelhos automáticos de rega, extintor automático de incêndios, alarmes de incêndios e detonadores eléctricos.</p> <p>Uma liga de cádmio com chumbo e zinco é usada como solda para o ferro.</p> <p>Sais de cádmio são usados em fotografia, fabrico de foguetes (fogo de artifício), artigos e revestimentos de borracha, esfregões, tintas fluorescentes, vidro e porcelana.</p> <p>O cádmio foi usado como um controlo de materiais de blindagem na maquinaria de energia atómica, devido à sua elevada absorção de baixa energia de neutrões.</p>

	<p>O <b>sulfureto de cádmio (CdS)</b> é empregue num tipo de células fotovoltaicas (energia solar) e em células eléctricas níquel-cádmio, usadas para fins muito específicos, e como um corante.</p> <p>O <b>sulfato de cádmio (3CdSO<sub>4</sub>·8H<sub>2</sub>O)</b> é usado como um adstringente/ligante.</p> <p>O “<b>selenide</b>” (<b>CdSe</b>) é também usado como um corante.</p> <p>O cádmio e soluções de compostos de cádmio são altamente tóxicas, com efeitos acumulativos e similares aos provocados pelo envenenamento por mercúrio (secção 3.1.6. toxicidade).</p>
--	--

### CHUMBO

Tabela 14 Substância Chumbo

Nome	Chumbo
Símbolo	Pb
N.º Atómico	82
Massa atómica (u.m.a)	207,20
N.º Grupo	14
Descrição	O chumbo é um elemento metálico de cor cinzenta azulada, muito denso e que pode facilmente ser moldado. Ocupa a 36ª posição entre os elementos mais abundantes da constituição das rochas da crosta terrestre.
Propriedades e Ocorrências	<p>O chumbo metálico é um metal macio maleável e dúctil, tem uma baixa força de tensão, e é um mau condutor de electricidade.</p> <p>Uma superfície fresca cortada, tem o brilho prateado que rapidamente se torna menos intenso, ficando com a cor característica do metal azul acinzentada.</p> <p>O chumbo funde a (328°C) e entra em ebulição a (1740°C), apresenta <b>densidade relativa</b> (11,34).</p> <p>Na presença do ar, o chumbo reage lentamente com a água para formar o <b>hidróxido de chumbo</b>, sendo este insignificamente solúvel.</p> <p>O chumbo é solúvel em <b>ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)</b>, mas é pouco afectado pelos <b>ácidos sulfúrico e hidroclórico</b> à temperatura ambiente.</p> <p>O chumbo é tóxico quando contraído internamente, no entanto na água comum contém usualmente sais que formam uma camada de revestimento nos tubos, inibindo a formação de hidróxido de chumbo solúvel (os tubos usados para transportarem a água de abastecimento público não devem conter chumbo).</p> <p>O chumbo ocorre naturalmente em oito formas isotópicas, das quais quatro são estáveis e quatro são instáveis. Os isótopos estáveis são: o <sup>206</sup>Pb, o</p>

	<p><math>^{207}\text{Pb}</math> e o <math>^{208}\text{Pb}</math>, que constituem os produtos finais do <b>urânio</b>, do <b>actínio</b> e do <b>tório</b> respectivamente.</p> <p>O chumbo está largamente distribuído por todo o mundo essencialmente sob a forma de sulfuretos, e principalmente no mineral e minério de <b>galena (PbS)</b>, e em minérios secundários como a <b>cerussite</b> e <b>anglesite</b>.</p> <p>O principal método de extracção do chumbo da galena é por calcinação do minério, que por sua vez é convertido num óxido, e posteriormente reduz-se esse óxido com coque (carvão poroso que se obtém como resíduo da destilação da hulha na produção do gás-da-hulha. Outro método, é queimar o minério de galena num forno revérbero (forno de reflexão de calor), até que parte do sulfureto de chumbo seja convertido num óxido de chumbo e num sulfato de chumbo. O ar fornecido à fornalha é depois suprimido, o seu grau de admissão, a temperatura sobe; depois o sulfureto de chumbo original combina-se com o sulfato e óxido de chumbo para formar o metal de chumbo e o dióxido de enxofre.</p> <p>O material de desperdício, como refugos e baterias de sucata, recuperado de vários processos industriais, foi também fundido e constitui uma importante fonte de chumbo (reciclagem).</p> <p>Por causa da galena ter frequentemente outros minerais associados com ela, o chumbo não é valorizado, e as barras de chumbo que se obtém dos processos de fundição contêm metais como o cobre, o zinco, a prata e ouro como impurezas.</p> <p>A recuperação dos metais preciosos a partir dos minérios de chumbo é muitas vezes tão importante economicamente como a produção do chumbo em si.</p> <p>A prata e o ouro são recuperados pelo Processo de Parkes, processo pelo qual uma pequena quantidade de zinco agitado em chumbo derretido dissolve o metal precioso. Esta liga fundida, depois vem à superfície, elevando-se do chumbo como uma escória de metais em fusão facilmente removível. O zinco é removido da prata e do ouro por processos de destilação.</p> <p>As barras de chumbo são muitas vezes purificadas quando misturadas com chumbo fundido na presença do ar. Os óxidos das impurezas metálicas elevam-se para o topo e são extraídos por escumação. Os mais puros graus do chumbo são conseguidos por refinação electrolítica.</p>
Usos	Grandes quantidades de chumbo são usadas na indústria para o revestimento interior de tubos, reservatórios e aparelhos de raio X. O chumbo é também usado em enormes quantidades em baterias e

	<p>revestimentos dos cabos eléctricos.</p> <p>Devido à sua elevada densidade e propriedades nucleares, o chumbo é largamente usado para blindagens de protecção de material radioactivo.</p> <p>Entre várias ligas que contêm chumbo, uma que contém uma elevada percentagem deste elemento é a solda, um metal próprio para ser fundido em tipo, e vários materiais de transporte.</p> <p>Uma considerável quantidade de chumbo é consumida na forma de compostos (compostos de chumbo), normalmente em tintas e corantes.</p> <p>O <b>carbonato de chumbo</b> (<math>\text{PbCO}_3</math>; <b>Pb(OH)<sub>2</sub></b>), chamado de <b>chumbo branco</b>, foi usado por mais de 2000 anos como um corante branco. É também usado na cerâmica vidrada (como envernizador, utilizado para vidrar) e no fabrico e no fabrico de outros corantes.</p> <p>Nos anos mais recentes, no entanto, por causa dos perigos de envenenamento pelo chumbo, o seu uso como base das tintas de interiores foi significativamente diminuída.</p> <p>Um dos métodos mais antigos para fazer o chumbo branco é designado por Processo Dutch, e é ainda usado actualmente. Neste processo, a louça de barro que contenha chumbo e ácido etanoico, é envolvida em casca de carvalho com <b>tanino</b> (substância de origem vegetal), e durante 90 dias essa louça é sujeita à reacção de fermentação da casca de carvalho com tanino e o ácido etanoico para tratamento do chumbo. Industrialmente o chumbo é tratado mais rapidamente por processos de electrólise.</p> <p>O <b>monóxido de chumbo</b> (<b>PbO</b>), ou <b>litargírio</b>, é um pó amarelo cristalizado, formado pelo aquecimento do chumbo ao ar. É usado no fabrico e produção do cristal de rocha, como um secante de óleos, como envernizador e no fabrico de insecticidas.</p> <p>O <b>óxido vermelho de chumbo</b> (<b>Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub></b>), é um óxido em pó, avermelhado e cristalino, formado pela oxidação do monóxido de chumbo (PbO). É usado como corante em tintas utilizadas como revestimentos de protecção para estruturas de trabalho em ferro e em aço.</p> <p>O <b>cromato de chumbo</b> (<b>PbCrO<sub>4</sub></b>), ou <b>crómio amarelo</b>, um pó cristalino usado como pigmento amarelo, é preparado pela reacção do ácido acético com o chumbo e o bicromato de potássio. Crómio vermelho, crómio laranja-amarelo e crómio amarelo limão, são alguns dos corantes obtidos do cromato de chumbo.</p> <p>O <b>etanoato de chumbo (II)</b> (<b>(PbC<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub>)<sub>2</sub> · 3 H<sub>2</sub>O</b>), uma substância branca cristalina designada por <b>açúcar de chumbo</b>, devido ao seu sabor doce, é preparado comercialmente pela dissolução do monóxido de chumbo</p>
--	---

(litargírio) em ácido etanoico. Esta substância é usada como um cáustico (substância usada na fixação de corantes) em tinturarias, como um corante e verniz secante, e numa série de outros compostos de chumbo

O **tetraetil de chumbo (IV) (Pb (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>)** é o constituinte chefe dos compostos antidetonantes incluídos na gasolina para prevenir a detonação prematura nos engenhos internos de combustão. Uma pequena quantidade deste composto aumenta o índice de octanas na gasolina, o que significa prevenir detonação nos cilindros do motor e promover a queima regular da gasolina. Entretanto, a maior parte do chumbo é expelido por escape, constituindo uma poluição ambiental. Este composto é considerado como um considerável poluente atmosférico.

O **alvaiade de chumbo (Pb<sub>3</sub> (OH)<sub>2</sub> (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)** serviu como pigmento em tintas para pinturas de brinquedos de crianças, e hoje em dia as crianças sofrem a sua toxicidade depois de ingerirem pedaços de madeira, brinquedos etc.

O chumbo contraído internamente, numa das muitas das suas formas altamente tóxicas, tem efeitos que usualmente se fazem sentir após a sua acumulação no corpo durante um certo período de tempo.

Os sintomas de envenenamento pelo chumbo são: a anemia, fraqueza, constipações, cólicas, paralisia e muitas vezes paralisia dos punhos e tornozelos. Nas crianças o chumbo pode reduzir a inteligência atrasa o desenvolvimento motor, diminui a memória e causa problemas de audição e de “peso”. Nos adultos, um dos perigos do chumbo, é que aumenta a tensão arterial.

Nos dias actuais o tratamento para o envenenamento por chumbo inclui a administração de **ácido etilenediaminetetracético disódio de cálcio (EDTA)**.

O chumbo é removido do corpo por substituição do cálcio, formando um complexo estável com o EDTA, que posteriormente é expelido pela urina.

## COBRE

Tabela 15 Substância Cobre

Nome	Cobre
Símbolo	Cu
N.º Atómico	29
Massa atómica (u.m.a)	63,546
N.º Grupo	11
Descrição	O cobre é um dos elementos de transição da Tabela Periódica, é um elemento metálico de cor castanha-avermelhada. Este elemento é um dos metais mais usados. Ocupa a 25ª posição entre os elementos mais abundantes da constituição das rochas da crosta terrestre.
Propriedades e Ocorrências	<p>O cobre funde a cerca de (1083°C) e entra em ebulição a cerca dos (2567°C), tem uma <b>densidade relativa</b> de (8,9).</p> <p>Devido às suas propriedades desejáveis como a boa condução de electricidade e de calor, a sua resistência à corrosão, a sua maleabilidade e ductilidade, e a sua beleza; o cobre é muito usado em amplas variedades de aplicações.</p> <p>Ò cobre é usualmente encontrado misturado com outros metais, como o ouro, a prata, o bismuto e o chumbo; existindo em quantidades mínimas nas rochas.</p> <p>O cobre foi encontrado por esse mundo fora em lavas basálticas, mas o maior depósito conhecido é nas Montanhas Andinas do Chile, na forma de um Pórfiro cuprífero.</p> <p>As principais fontes de cobre são a <b>calcopirite</b> (<b>CuFeS<sub>2</sub></b>), a <b>bornite</b> (<b>Cu<sub>5</sub>FeS<sub>4</sub></b>), mas outros sulfuretos são considerados minerais importantes deste minério (do Cu), como sejam: a <b>calcocite</b> (<b>Cu<sub>2</sub>S</b>) e a <b>covelite</b> (<b>CuS</b>).</p> <p>Outros minerais de cobre são por exemplo: a <b>azurite</b> (<b>2CuCO<sub>3</sub>·Cu(OH)<sub>2</sub></b>), a <b>malaquite</b> (<b>Cu<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>·(OH)<sub>2</sub></b>), a <b>tetraedrite</b> ( <b>(Cu,Fe)<sub>12</sub>Sb<sub>4</sub>S<sub>13</sub></b>), a <b>cuprite</b> (<b>Cu<sub>2</sub>O</b>), a <b>atacamite</b> (<b>CuCl<sub>2</sub>·3Cu(OH)<sub>2</sub></b>), a <b>crisocola</b> (<b>CuSiO<sub>3</sub>·2H<sub>2</sub>O</b>) e a <b>enargite</b>.</p>
Usos	<p>Os principais usos do cobre são em aplicações eléctricas, porque o cobre é um excelente condutor eléctrico, tem uma elevada condutividade.</p> <p>Porque o cobre é muito dúctil, pode ser utilizado para fios metálicos de vários diâmetros, desde cerca de 0,025milímetros até valores superiores.</p> <p>O cobre pode ser usado para linhas e cabos de corrente no exterior, como também em instalações eléctricas de casas, em filamentos das lâmpadas, em maquinaria eléctrica como motores, geradores, aparelhos de sinalização para transmissão de sinais, electromagnetos e em equipamento de</p>



<p>comunicação.</p> <p>O cobre é usado para moedas desde o registo histórico, e foi também usado para utensílios de cozinha, objectos ornamentais e tinas.</p> <p>O cobre foi durante um certo tempo extensamente usado no revestimento dos botões de madeira dos navios, para prevenir incrustações e abalroamento.</p> <p>O cobre pode ser facilmente cromado sozinho ou como base para outros metais. Grandes quantidades são usadas para este propósito, particularmente para fabricar modelos eléctricos reprodução e impressão. A metalurgia do cobre, varia com a composição do minério. O cobre nativo é moído, lavado e transformado em barras (lingotes de cobre).</p> <p>Óxidos de cobre e carbonatos de cobre são reduzidos com carbono.</p> <p>Os mais importantes minérios, os sulfuretos, geralmente não contêm mais de 12% de cobre. Estes minérios, os sulfuretos, são em primeiro lugar moídos e concentrados por flutuação. Os concentrados de cobre são fundidos numa fornalha reverberatória, para extracção do metal, a qual produz crude metálico de cobre, aproximadamente 98% no estado puro. O crude de cobre é posteriormente purificado por electrólise, conseguindo-se uma pureza de 99,9%, excedendo os teores das barras.</p> <p>O cobre puro é macio e flexível, mas pode ser temperado e consequentemente endurecido por intermédio da existência de outras actividades. Ligas de cobre, as quais são mais duras e fortes do que o metal puro, têm maior resistência e logo não podem ser usadas para fins eléctricos. No entanto, estas ligas têm uma resistência à corrosão quase tão boa como aquela do cobre puro, e são facilmente trabalháveis em máquinas das fábricas e oficinas.</p> <p>As duas ligas mais importantes são o <b>latão</b>, uma liga de cobre e zinco, e o <b>bronze</b>, uma liga de cobre e estanho. Contudo, tanto o zinco como o estanho são por vezes adicionados à mesma liga, não podendo marcar-se um limite rígido entre o latão e o bronze. Ambas as ligas são usadas em enormes quantidades.</p> <p>O cobre é também ligado com o ouro, a prata e o níquel, e é um importante constituinte de algumas ligas como: "<i>monel metal</i>", "<i>gun metal</i>" e "<i>prata alemã</i>".</p> <p>O cobre forma duas séries de compostos químicos: os <b>cuprosos</b> - nos quais o cobre tem a valência (-1), e os <b>cúpricos</b> - nos quais o cobre tem a valência (-2). Os compostos cuprosos são mais facilmente oxidados do que os compostos cúpricos, em muitos casos apenas por exposição à</p>
--

	<p>atmosfera. Os compostos cúpricos são estáveis. Algumas soluções de cobre têm o poder de dissolver a celulose, daí que grandes quantidades de cobre sejam também usadas na produção e fabrico da seda vegetal.</p> <p>O cobre é também usado como um pigmento em muitos processos de coragem, e em alguns <b>insecticidas</b> como o “<i>Paris Verde</i>” e alguns <b>fungicidas</b> como a “<i>mistura bordeaux</i>”, no entanto, o cobre é largamente substituído por produtos químicos orgânicos sintéticos com esse fim específico.</p>
--	---

### CRÓMIO

Tabela 16 Substância Crómio

Nome	Crómio
Símbolo	Cr
N.º Atómico	24
Massa atómica (u.m.a)	51,996
N.º Grupo	6
Descrição	<p>O crómio é um dos elementos de transição da Tabela Periódica, é um elemento metálico cinzento que pode obter um elevado grau de polimento. Ocupa a 21ª posição entre os elementos mais abundantes da constituição das rochas da crosta terrestre.</p>
Propriedades e Ocorrências	<p>O crómio foi descoberto em 1797 pelo químico francês Louis Nicolas Vauquelin, que lhe deu este nome devido às diferentes cores apresentadas pelos seus compostos.</p> <p>Este metal funde-se a (1857°C) e entra em ebulição a cerca de (2672°C), apresentando uma <b>densidade relativa</b> de (7,2) e <b>Massa atómica (u.m.a)</b> (51,996).</p> <p>O crómio pode substituir parte do alumínio, ou do ferro, em muitos minerais, transmitindo-lhes cores únicas. Muitas pedras preciosas devem a sua cor à presença de compostos de crómio.</p> <p>A <b>cromite (FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)</b>, é um dos mais importantes e significativos minerais de crómio. Nas cromites e em sais de crómio, o crómio tem valência (+3). Muitos destes compostos são verdes, mas outros são vermelhos ou azuis.</p> <p>O <b>óxido de crómio (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)</b>, é um sólido verde.</p> <p>Nos cromatos e dicromatos, o crómio tem uma valência de (+6).</p> <p>O <b>dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>)</b> é vermelho e solúvel em água. Misturado com gelatina origina uma superfície de luz sensível, muito útil em processos fotográficos.</p>

	<p>Os <b>cromatos</b> são geralmente amarelos, o mais conhecido é o <b>cromato de chumbo</b> (<b>PbCrO<sub>4</sub></b>), um sólido insolúvel muito usado como um corante, chamado de <b>crómio amarelo</b>.</p> <p>O <b>crómio verde</b>, é uma mistura de crómio amarelo e azul prussiano.</p>
Usos	<p>Mais de metade da produção do crómio destina-se a produtos metálicos, e o outro terço é usado em refractores.</p> <p>É um ingrediente muitas vezes importante como agente catalítico (catalisador).</p> <p>O uso máximo do crómio é para formar ligas com o ferro, o níquel e o cobalto. A adição de crómio numa liga concede-lhe dureza, força e resistência à corrosão.</p> <p>No aço inoxidável (ferro fundido purificado posteriormente arrefecido), o crómio entra na sua composição final em cerca de 10% ou mais.</p> <p>Devido à sua dureza, uma liga temperada com crómio, cobalto e tungsténio é usada para ferramentas e instrumentos de metal de corte de alta velocidade.</p> <p>Quando o crómio é depositado electroliticamente, confere dureza, resistência à corrosão e tem brilho acetinado e brilhante depois do acabamento. Por esta razão o crómio é largamente usado na preparação do “corpo” dos carros e outros veículos.</p> <p>O extenso uso da cromite como refractária, baseia-se no seu elevado ponto de fusão, na sua moderada expansão térmica e na estabilidade da sua estrutura cristalina. O <b>dióxido de crómio</b> (<b>CrO<sub>2</sub></b>), é um condutor metálico ferromagnético, em virtude do seu comportamento magnético, sendo empregue como revestimento em fitas gravadoras de alta qualidade.</p> <p>O <b>trióxido de crómio</b> (<b>CrO<sub>3</sub></b>), é um agente oxidante forte, usado em soluções de limpeza química, nomeadamente a mistura de CrO<sub>3</sub> com um pouco de água e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, é usada para limpeza de material de vidro.</p>

## MERCÚRIO

Tabela 17 Substância Mercúrio

Nome	Mercúrio
Símbolo	Hg
N.º Atómico	80
Massa atómica (u.m.a)	200,59
N.º Grupo	12
Descrição	O mercúrio é um dos elementos de transição da Tabela Periódica, é um elemento metálico líquido que, flui livremente à temperatura atmosférica. Foi primeiramente distinguido pelo químico Francês Antoine Laurent Lavoisier, nas suas experiências de composição do ar, é também conhecido como “prata líquida”. Ocupa a 67ª posição entre os elementos mais abundantes da constituição das rochas da crosta terrestre.
Propriedades e Ocorrências	<p>O mercúrio é o mais denso metal líquido conhecido a temperaturas atmosféricas. É um metal pesado de cor prateada e brilhante, é um mau condutor de calor, quando comparado com outros metais, e é um razoável condutor de electricidade.</p> <p>O mercúrio torna-se sólido quando sujeito a pressões de 7.640 ATM (5.8 milhões de torr). A sua pressão é usada como um valor “standard” (padrão) na medição de pressões elevadas extremas. Este metal funde-se a (- 38°C) e entra em ebulição a cerca de (+ 357°C), apresentando uma <b>densidade relativa</b> de (13.5) e <b>Massa atómica (u.m.a)</b> (200.59).</p> <p>Dissolve-se em <b>ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)</b> ou em <b>ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)</b> concentrado, mas é resistente aos alcalis.</p> <p>O mercúrio ocorre na sua forma nativa (pura) ou combinado com a prata em pequenas quantidades, sendo encontrado na maioria das vezes sob a forma de sulfureto, no mineral <b>cinábrio (HgS)</b>, também minério de mercúrio. Este metal forma facilmente ligas todos os metais comuns, como o ouro (Au), a prata (Ag), e o estanho (Sn), excepto com o ferro (Fe) e a platina (Pt), e estas ligas são designadas por amálgamas. Para obter o metal de mercúrio a partir do cinábrio, o minério é calcinado (queimado) ao ar, e os gases produzidos são passados através de um sistema de condensação.</p>
Usos	O mercúrio é usado em termómetros devido ao facto do seu <b>coeficiente de expansão</b> ser particularmente constante; a mudança de volume por cada grau de elevação da temperatura é a mesma. É também usado em outro tipo de aparelhos científicos como bombas de vácuo, barómetros e rectificadores, interruptores, comutadores e disjuntores eléctricos.

As lâmpadas a vapor de mercúrio são usadas como fonte de raios ultra violeta nas casas e para esterilização da água. O vapor de mercúrio é usado como alternativa ao vapor de água, nas caldeiras de alguns mecanismos de turbinas.

Num dos métodos de extracção do ouro e da prata dos seus minérios (minerais económicos/comerciais), estes metais são combinados com o mercúrio, e posteriormente o mercúrio é removido por destilação.

O mercúrio forma compostos monovalentes (I) e bivalentes (II). Entre os vários compostos de mercúrio comercialmente importantes, referem-se:

- o **sulfureto de mercúrio (II)**, um comum anti-séptico, também usado como um pigmento e corante escarlate;
- o **cloreto de mercúrio (I) ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ )**, ou **calomel**, usado em eléctrodos, e foi no princípio usado com fins medicinais como laxativo;
- o **cloreto de mercúrio(II) ( $\text{HgCl}_2$ )**, um sublimado corrosivo fortemente venenoso, usado com fins medicinais como o mercúriocromo;
- o **fulminado de mercúrio ( $\text{Hg}(\text{ONC})_2$ )**, usado como detonador nos explosivos; e
- o **sulfureto de mercúrio ( $\text{HgS}$ )**, usado como pigmento nas tintas corantes.

Os compostos orgânicos de mercúrio são importantes e perigosos; o **metilmercúrio** é um poluente/contaminante letal frequentemente encontrado nos rios e lagos.

O mercúrio é um perigo agudo, quer sob a forma de vapor ou na forma dos seus sais solúveis em água, constitui um poderoso veneno e é absorvido rapidamente através do aparelho respiratório, aparelho gastrointestinal e através da pele, destruindo as membranas do corpo.

O envenenamento crónico por mercúrio ocorre quando pequenas quantidades deste metal ou dos seus sais gordos solúveis, particularmente o metilmercúrio, são repetidamente ingeridas por longos períodos de tempo, causando danos irreversíveis no cérebro, no fígado e nos rins. Devido ao crescimento da poluição aquática, significantes quantidades de mercúrio foram encontradas em algumas espécies de peixes, o que é uma causa directa da descarga descontrolada deste metal para o ambiente.

A maior fonte de poluição são os desperdícios e resíduos industriais depositados nos rios e lagos. Uma vez que o mercúrio é um elemento muito volátil, perigosos níveis deste elemento são já reconhecidos na atmosfera.

O ar saturado com vapor de mercúrio a 20°C, contém uma concentração que excede muitas vezes os limites de toxicidade, aumentando o perigo a mais altas temperaturas.

## NÍQUEL

Tabela 18 Substância Níquel

Nome	Níquel
Símbolo	Ni
N.º Atómico	28
Massa atómica (u.m.a)	58,69
N.º Grupo	10
Descrição	O níquel é um dos elementos de transição da Tabela Periódica e é branco prateado. Ocupa a 22ª posição entre os elementos mais abundantes da constituição das rochas da crosta terrestre.
Propriedades e Ocorrências	<p>O níquel foi reconhecido como uma substância elementar pelo químico sueco Axel Frederic Croustedt, quando este o isolou do mineral nicolite.</p> <p>O níquel funde a cerca de (1455°C) e entra em ebulição aos (2730°C). Tem uma <b>densidade relativa</b> de (8,9) e <b>Massa atómica (u.m.a)</b> (58,69).</p> <p>O níquel é pesado, maleável, dúctil e capaz de adquirir um elevado polimento. É um elemento magnético abaixo dos 345°C e existe em cinco formas isotópicas estáveis.</p> <p>O níquel metálico não é muito activo quimicamente. É solúvel numa solução diluída de ácido nítrico, e torna-se passivo (não reactivo) no ácido nítrico concentrado, não reagindo com os alcalis.</p> <p>O níquel ocorre como metal nos meteoritos combinado com outros elementos. Ocorre em minerais como: a <b>pirrotite (Fe<sub>1-x</sub>S)</b>, a <b>garnierite</b>, a <b>millerite</b>, a <b>nicolite</b> e <b>apetlandite</b>. A pirrotite e a petlandite são os principais minérios de níquel.</p> <p>Os minerais de níquel contêm impurezas, uma das principais, entre muitas, é o cobre. Os minerais de sulfuretos, como a pirrotite niquelífera e a petlandite, são usualmente minérios fundidos para a extracção do metal. A fusão efectua-se em altos-fornos, posteriormente o metal com impurezas de sulfuretos de cobre e níquel é expedido por via marítima para refinarias onde o níquel é removido através de vários processos.</p> <p>No Processo Eléctrico, o níquel é depositado na sua forma metálica pura, depois do cobre ter sido preferencialmente removido por deposição por uma voltagem diferencial e num electrólito diferencial.</p> <p>No Processo Moud, o cobre é removido por dissolução em ácido sulfúrico, e o resíduo de níquel é reduzido a níquel metálico impuro.</p> <p>O <b>monóxido de carbono (CO)</b> é passado através do níquel impuro formando o <b>carbonilo de níquel (Ni(CO)<sub>4</sub>)</b>, um gás volátil, este ultimo composto é aquecido até à incandescência a 200°C e decompõe-se, depositando-se o</p>

	níquel metálico puro.
Usos	<p>O níquel foi usado na cunhagem de moedas, em ligas de níquel e cobre, por centenas de anos.</p> <p>O níquel é usado como um protector (barreira de protecção) para metais, particularmente para o ferro e aço, que são muito susceptíveis à corrosão, e para ornamentação.</p> <p>O níquel em chapa (laminas de níquel) é depositado por electrólise numa solução de níquel. Finalmente, o níquel dividido absorve 17 vezes o seu próprio volume de hidrogénio e é usado como um catalisador em muitos processos, incluindo a hidrogenação de óleos.</p> <p>O níquel é usado principalmente sob a forma de ligas, pois este elemento concede grande força e grande resistência à corrosão, nomeadamente ao aço. O aço-níquel contém cerca de 2% a 4% de níquel, é usado em partes de carros como: os eixos das rodas, válvulas, cambota, engrenagem de ligação, partes de máquinas, em chapas de blindagem, etc.</p> <p>Um das mais importantes ligas que contém níquel são: a “<i>prata alemã</i>”, aço de baixo coeficiente de dilatação, “<i>metal Monel</i>”, níquel-cromio e ligas permanentes.</p> <p>As moedas de níquel usadas para circulação são uma liga temperada com 25% de níquel e 75% de cobre.</p> <p>O níquel é também um componente chave nas baterias de níquel-cádmio.</p> <p>A maioria do abastecimento de níquel é extraída de minas no Canadá.</p> <p>O níquel forma primariamente compostos bivalentes (+2), no entanto, exemplos de compostos com estados de oxidação que vão desde o estado (-1) a (+4) são conhecidos.</p> <p>A maioria dos sais de níquel, como seja: o <b>cloreto de níquel (NiCl<sub>2</sub>)</b>, o <b>sulfato de níquel (NiSO<sub>4</sub>)</b> e o <b>nitrate de níquel (Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)</b>, são verdes ou azuis na sua cor, e são muitas vezes hidratados.</p> <p>O <b>sulfato de amónia de níquel (NiSO<sub>4</sub> · (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> SO<sub>4</sub> · 6H<sub>2</sub>O)</b> é usado em soluções de niquelamento (“cromagem” em níquel).</p> <p>Os compostos de níquel são muitas vezes identificados como aditivos em reagentes orgânicos, nomeadamente em floculantes.</p>

## ZINCO

Tabela 19 Substância Zinco

Nome	Zinco
Símbolo	Zn
N.º Atómico	30
Massa atómica (u.m.a)	65,58
N.º Grupo	10
Descrição	O zinco é um dos elementos de transição da Tabela Periódica, tem brilho metálico e cor branca-azulada. É um elemento que tem muitas aplicações industriais. Ocupa a 24ª posição entre os elementos mais abundantes da constituição das rochas da crosta terrestre.
Propriedades e Ocorrências	<p>Os minerais de zinco há muito que são conhecidos, mas o zinco não era reconhecido como um elemento separado até 1746, quando um químico alemão, Andreas Sigismund Marggraf, isolou o metal puro por aquecimento da calamina e carvão vegetal.</p> <p>O zinco puro é um metal cristalino insolúvel em água quente ou fria, e solúvel em álcool, ácidos e alcalis. O zinco é extremamente frágil e quebradiço a temperaturas normais, mas torna-se maleável entre temperaturas de 120°C a 150°C e pode ser enrolado/laminado em folhas/chapas entre cilindros aquecidos.</p> <p>O zinco não é afectado pelo ar seco; o ar húmido como é oxidado cria um revestimento de uma película de carbonato que o protege da corrosão futura.</p> <p>O zinco funde a cerca de (420°C) e entra em ebulição a cerca de 907°C. Tem uma <b>densidade relativa</b> de (7,14) e <b>Massa atómica (u.m.a)</b> (65,58).</p> <p>O zinco nunca ocorre livre na natureza (zinco nativo), mas é encontrado em <b>óxidos de zinco (ZnO)</b>; num mineral que é a <b>zincite (2 ZnO·SiO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O)</b>, um silicato de zinco; no mineral <b>hemiomorfite (ZnCO<sub>3</sub>)</b>, um carbonato de zinco; no mineral <b>smithsonite (Zn (FeO<sub>2</sub>)O<sub>2</sub>)</b>, um óxido misto de zinco e ferro; no mineral <b>franklinite (ZnS)</b>, um sulfureto de zinco; e no mineral <b>esfalerite (ZnS)</b>, também um sulfureto de zinco.</p> <p>Os minérios comuns de Zn, usados como fontes de zinco são na sua maioria os minerais: esfalerite e smithsonite.</p>
Usos	O primeiro passo no processo de metalurgia é a transformação dos minérios em óxidos, através da sua exposição a altas temperaturas. Os óxidos assim obtidos são depois reduzidos por carbono numa fornalha eléctrica; o zinco



entra em ebulição e é destilado numa retorta (vaso próprio para operações químicas), na qual a redução tem lugar.

O zinco obtido por destilação, contém pequenas quantidades de ferro, arsénio, cádmio e chumbo, e é conhecido na metalúrgica como **solda de zinco** (“*spelter*”).

Num outro processo de refinamento do zinco, os minérios calcinados (sujeitos a um aquecimento prolongado a alta temperatura; que no caso de um metal, o aquecimento de minério conduz à sua perda de água e anidrido carbónico), são filtrados através de ácido sulfúrico, de modo a serem dissolvidos na sua quase totalidade. Depois das impurezas terem sido removidas, a solução é electrolisada. O zinco electrolítico é puro e tem qualidades superiores, como a sua elevada resistência à corrosão.

O zinco é principalmente usado como um revestimento protector, ou galvanizador do ferro e do aço (recobrimento do ferro e do aço com uma camada de zinco, para evitar a corrosão atmosférica), e é um ingrediente fundamental de muitas ligas, especialmente o latão e o bronze. Estas ligas são usadas em chapas para células eléctricas secas e para moldes de fundição, nomeadamente utilizam-se em artigos de formatos complicados como grades de automóveis e enfeites.

O **óxido de zinco** conhecido como zinco branco, é usado como tinta de pigmentação em processos de coragem. É também usado como enchimento de pneus pneumáticos e é ainda usado em medicina como um anti-séptico em pomada.

O **cloreto de zinco** é usado como um preservativo da madeira e como um fluido de soldagem.

O **sulfureto de zinco** é muito útil e usado em muitas aplicações, envolvendo a electroluminescência, a fotocondutividade e a semicondutividade, entre outros usos eléctricos.

É empregue como o fósforo para os tubos dos ecrãs de televisão em camadas fluorescentes.

## 6.2.2- CONTAMINANTES ORGÂNICOS

### PCB - BIFENILOS POLICLORADOS

Tabela 20 Substância bifenilos policlorados – PCBs, adaptado de EPA/540/s-93/506.

Nome	Bifenilos policlorados
Símbolo	PCB
Descrição	<p>Os PCBs são compostos orgânicos constituídos por bifenilos policlorados, uma das várias substâncias dos compostos aromáticos tóxicos (hidrocarbonetos aromáticos tóxicos), consistindo estes compostos em duas moléculas de benzeno (bifenilo), e na qual os átomos de hidrogénio foram substituídos por átomos de cloro, frequentemente resultantes dos processos industriais.</p> <p>No caso específico dos PCBs - Bifenilos policlorados, incluem uma classe de componentes clorados, que possui mais de 209 variedades com características físicas e químicas diferentes, dos quais se salientam os congéneres: CB 26, CB 52, CB 101, CB 118, CB 118, CB 138, CB 153, CB 180.</p>
Propriedades e Ocorrências	<p>A maioria do PCBs são líquidos oleosos com uma cor escura, que apresentam uma viscosidade crescente com o aumento dos conteúdos em cloro. Os PCBs com menos átomos de cloro são mais solúveis nas soluções aquosas e são também os mais responsáveis pela alteração (degradação) química e biológica; estes PCBs com menos cloro são menos persistentes nos ambientes químicos do que os PCBs com mais átomos de cloro.</p> <p>No entanto, todos os PCBs são muito persistentes nos ambientes que os contêm, são hidrofóbicos e quase insolúveis na água, geralmente não migram significativamente, aderem facilmente a gorduras, contêm um elevado ponto de ebulição, não são atacados por ácidos ou bases e/ou substâncias corrosivas. Os PCBs são termicamente estáveis e são excelentes isoladores eléctricos.</p> <p>Os PCBs possuem características que têm muita influência no seu potencial, reflectindo-se directamente na sua capacidade de migração. Por exemplo, os PCBs no óleo são móveis, se esse mesmo óleo estiver presente num volume suficientemente largo para o movimento físico a uma distância significativa da fonte. A mobilidade e capacidade dos PCBs migrarem depende e é afectada pelas características do solo e/ou sedimentos, isto é, dependem da densidade dos materiais constituintes do meio ambiente onde estão inseridos, da distribuição do tamanho das</p>

partículas, mistura de compostos, permeabilidade, etc., adicionalmente, dependem das características químicas e meteorológicas, presença de carbono orgânico e colóides orgânicos. A determinação destas características durante as actividades de estudo, permitem estimar a mobilidade dos PCBs no ambiente onde se inserem.

Os PCBs, compostos químicos organoclorados sintéticos, não se encontram na natureza, contudo, entram muito facilmente na cadeia alimentar, ficando geralmente acumulados no organismo como substâncias intoxicantes, dificilmente saindo destes.

Os organismos vivos não conseguem transformar os PCBs, estes ligam-se aos tecidos das plantas, transmitindo-se aos herbívoros e por sua vez aos carnívoros, ficando retidos nos tecidos destes, ou são directamente absorvidos pela pele dos organismos aquáticos, como peixes e vários invertebrados. Os hidrocarbonetos clorados interferem no metabolismo do cálcio dos pássaros, causando adelgaçamento da casca dos ovos e consequentemente falhas reprodutivas. Como resultado, alguns predadores e aves piscatórias estiveram próximo da extinção.

Os PCBs têm um elevado potencial para serem bioacumulados, o que constitui um importante factor a considerar, uma vez que têm uma forte afinidade para se acumularem em ambientes aquáticos como: lagos, rios, portos de abrigo, etc. No entanto não é ainda muito comum a remoção dos PCBs do solo ou sedimentos contaminados, nem tão pouco se evita que estes entrem em contacto com o ar através da sua volatilização ou outros mecanismos de transporte. Há que reduzir significativamente as exposições dos trabalhadores a este tipo de compostos, implicando o isolamento das comunidades à inalação daquelas emissões.

Das 209 espécies de isómeros de PCBs identificadas, poucas foram as espécies caracterizadas mecanicamente. Quer a sua toxicidade quer o facto de serem cancerígenos, constituem características que levam a serem tratadas à parte

A transmissão ou transferência dos produtos químicos orgânicos tóxicos é efectuada através de processos críticos que actuam através das interfaces entre os maiores ecossistemas. Essas interfaces consistem fundamentalmente em águas superficiais, em que os pontos de origem se localizam na junção de grandes rios e/ou canais, não constituindo pontos de origem as águas subterrâneas e os efluentes tributários para os lagos.

A água atmosférica, que age de duas maneiras, por um lado como fonte de produtos químicos orgânicos tóxicos e por outro na forma de precipitação (a

água solta os produtos químicos voláteis para a atmosfera). A água dos sedimentos, por sua vez, afecta o destino e persistência dos produtos químicos orgânicos tóxicos por acção combinada da absorção-adsorção, influencia o enterramento, a sedimentação e a ressuspensão. A água contida nos nutrientes, de uma forma indirecta, porque aumentando os nutrientes, aumenta a produtividade orgânica, que por sua vez usam os produtos químicos orgânicos tóxicos em três processos distintos: sedimentação, degradação e bioacumulação.

Existe uma certa dificuldade no estudo da toxicidade dos PCBs, pois individualmente os PCBs não estão facilmente disponíveis, e a sua síntese, produz muitos [dibenzofuranos policlorados](#) reactivos (que podem produzir valores de toxicidade superiores aos comuns).

Em doses pequenas os PCBs não são muito tóxicos, por isso para estudos mais perspicazes são necessárias doses maiores, e/ou doses mais pequenas para estudos crónicos. A toxicidade dos isómeros de PCBs difere de acordo com a estrutura dos mesmos, estando por isso divididos em 2 grupos de isómeros, baseados nas suas diferenças estruturais.

Existem moléculas mais tóxicas que outras, por exemplo, as moléculas coplanares são mais tóxicas do que os ortoisómeros, e, comparativamente, os ortoisómeros têm uma elevada afinidade para receptores de estrogénio, fazendo com que a actividade do estrogénio hormonal aumente consequentemente.

Contudo, ainda que haja uma grande correlação entre a estrutura e a toxicidade, podendo os substituintes dos diferentes tipos de PCBs explicar as diferenças da toxicidade; no entanto, o facto dos PCBs serem cancerígenos tem muito pouco ou nada a ver com a sua estrutura. Os PCBs cancerígenos dependem em primeiro lugar das acções do [citocromo P-450](#), localizado primeiramente no fígado, pois algumas isoenzimas P-450 específicas metabolizam PCBs específicos. No interior do retículo endoplasmático do fígado, há um mecanismo usado pela maioria dos vertebrados para remover lipófilos xenobióticos perigosos e durante a biotransformação, pelo menos 12 isoenzimas xenobióticas do citocromos P-450, são anuladas.

Os citocromos P-450, convertem os compostos lipofílicos em metabolitos, que são mais facilmente eliminados do corpo, defendendo assim as células da intoxicação dos PCBs. No entanto, os metabolitos-PCB que o citocromo P-450 produz, são muito mais tóxicos do que o próprio parente molecular.

A toxicidade depende da quantidade de conversões para reactivar

intermediários através de monooxigenases, produzidos pelo citocromo P-450. Os intermediários mais reactivos, os preferidos pelo metabolismo, são os isómeros mais tóxicos.

Compostos como os [TPCBs](#), [PCDFs](#), [PCDDs](#), [PCNs](#), [PBBs](#), [DDT](#), [bromobenzenos](#), [hexaclorobenzenos](#), entre outros, induzem as isoenzimas citocromo P-450. Outras enzimas metabolizantes xenobióticas, são também induzidas, mas podem não ter qualquer relacionamento com o citocromo P-450. As mais de 12 isoenzimas do citocromo P-450 são os produtos da transcrição de um gene local, o [P450IA](#), que é induzido pelos poluentes ambientais, sendo capaz de converter aminas aromáticas inofensivas em intermediários mutantes e cancerígenos.

A teoria mais aceite diz que a indução do citocromo P-450 envolve uma elevada afinidade, uma baixa capacidade proteica cistólica, a qual apresenta ligações xenobióticas e age como um receptor que induz à transcrição do P-450. Os PCBs podem ser hidroxilados para intermediários reactivos, que depois se vão ligar covalentemente a componentes críticos da célula.

Os intermediários reactivos que se ligam covalentemente ao DNA, usualmente causam danos ao DNA, deteriorando-o, e são designados por [genotoxinas](#). A indução da síntese do DNA desorganizado e imprevisto, é um evento comum depois da deterioração genotóxica, realizada através dos esforços dos promotores químicos. Os promotores aceleram o desenvolvimento do cancro, forçando a proliferação e desenvolvimento do DNA celular defeituoso, antes do defeito poder ser reparado.

Os PCBs são um exemplo de um promotor, o qual segue um mecanismo específico de efeito; subsequentemente a adição de PCBs promove processos de produção de tumores. O citocromo P-450, foi em primeiro lugar encontrado em hepatocitos (células do fígado), que são também uma fonte para “corpos” reactivos servirem como genotoxinas. Estes “hepatocarcinogeneses” estão correlacionados com a intoxicação dos PCBs nos roedores e em muitos humanos acidentalmente expostos a altos níveis de PCBs, depois de apresentarem lesões no fígado.

O maior impacto de saúde provocado por estes compostos pode ser causado pela sua combustão incompleta, uma vez que estes compostos apenas se destroem por incineração a alta temperatura (combustão completa em câmaras fechadas). A oxidação incompleta dos PCBs pode formar emissões de [PCDFs](#) ([dibenzofuranos policlorados](#)) e [PCDDs](#).

Os PCDDs são pequenas partículas de dioxinas, estas dioxinas têm uma

	<p>família com 75 espécies, muito parecida com a dos furanos (PCDFs) constituída por 135 espécies. As dioxinas fixam-se facilmente aos sedimentos finos. As dioxinas, são venenos tóxicos, que atacam directa e rapidamente as plantas, desfolhando-as, não parecendo atacar tão significativamente o Homem, no entanto são também cancerígenas.</p> <p>Estudos efectuados à toxicidade dos PCBs em animais e humanos para regulação e controle, mostraram sintomas similares e incluem disfunções de reprodução, os PCBs são transferidos da mãe para o feto através da placenta, e posteriormente através da amamentação, nascimentos prematuros, aumento da mortalidade, disfunções neurológicas, reflexos neuromusculares alterados, lesões de pele, dilatação facial com aumento de volume, aumento da pigmentação da pele, cloracne, diminuição da condução nervosa sensorial e motora.</p> <p>Estes foram os resultados a que se chegaram sobre a toxicidade e efeitos letais em laboratórios animais.</p>
Usos	<p>Os PCBs foram identificados primeiramente em 1929, 10 a 15 anos antes da descoberta dos DDTs (hidrocarbonetos halogenados - que constitui um outro grupo de compostos de bifenilos policlorados), no entanto só na década de 70 se descobriu que os PCBs eram tóxicos. Sob o ponto de vista da toxicidade, o impacto dos PCBs nos humanos é similar ao causado pelos pesticidas (por exemplo o DDT), e os sintomas de toxicidade dos DDTs são mais imediatos dos que os dos PCBs, produzindo os primeiros sintomas de excitação e os segundos sintomas de depressão.</p> <p>Alguns compostos policlorados são formados a partir de subprodutos de trihalometanos (THMs); em processos de cloração da água, as estações de tratamento de água ao usarem o cloro para eliminar vírus, algas e bactérias, podem contribuir para a formação de novos compostos, ainda que o cloro não seja cancerígeno; a partir das operações de branqueamento, aplicação de lixívia, no tratamento e fabrico da pasta de papel, etc., originando-se as dioxinas. Por vezes na limpeza de edifícios, no tratamento das águas de lavagem, usa-se cloro a mais.</p> <p>O cloro é um halogéneo, elemento químico do grupo periódico VII não metálico e muito reactivo, que se caracteriza por no estado livre se encontrar como moléculas diatómicas que se combinam com quase todos os elementos da Tabela Periódica, formando geralmente haletos. O cloro forma uma série de óxidos, todos instáveis e potencialmente explosivos, desses óxidos destaca-se o dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>), que é industrialmente o mais importante, é um agente oxidante poderoso, muito usado como</p>

	<p>alvejante de polpa de papel (consistindo o processo de alvejamento, geralmente na oxidação de compostos orgânicos coloridos formando produtos incolores ou menos intensamente coloridos). Em soluções básicas o <math>\text{ClO}_2</math> desproporciona-se (reação na qual uma substância actua simultaneamente como agente oxidante e redutor), formando <b>iões clorato</b> (<math>\text{ClO}_3^-</math>) e <b>clorito</b> (<math>\text{ClO}_2^-</math>), sendo estas soluções básicas geralmente usadas para limpeza das máquinas de lavar roupa (domésticas e industriais).</p> <p>Os compostos clorados são usados em diversas actividades e para diversos fins, nomeadamente em aditivos alimentares, em tintas e plásticos, como solventes, em transformadores, em fluidos hidráulicos, em adesivos, em lubrificantes, em retardantes de fogo e usados para pesticidas.</p> <p>O numeroso uso destes compostos, conduz a um grande e variado número de maneiras destes compostos entrarem no ambiente. Além disso, estes compostos são persistentes no ambiente, lipofílicamente (ficam retidos nos tecidos gordurosos dos organismos) ou bioacumulados. A transmissão dos produtos químicos orgânicos tóxicos entre os maiores ecossistemas faz-se através das interfaces dos mesmos.</p>
--	---

#### PAH - HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

Tabela 21 Substância HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS – PAH, adaptado de EPA, 1996.

Nome	Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
Símbolo	PAH
Descrição	<p>Os PAHs, <b>hidrocarbonetos aromáticos policíclicos</b>, são substâncias que entram no ambiente como consequência dos processos industriais.</p> <p>Os PAHs são um grupo de cerca de 100 substâncias orgânicas, formadas a partir de 2 ou mais anéis de benzeno. A síntese natural, tratamento e preparação dos minerais, produtos oleosos e a combustão incompleta do material orgânico, são muitas das maneiras pelas quais os PAHs se formam.</p> <p>Os combustíveis fósseis, como a turfa, gás natural e petróleo, são ricos em PAHs. No crude e nos óleos minerais refinados, ocorrem PAHs muito complexos. A combustão da matéria orgânica a temperaturas de 400°C a 2000°C, tem como resultado a formação de um grande número de diferentes hidrocarbonetos aromáticos policíclicos.</p> <p>Os PAHs não ocorrem como substâncias separadas, mas sempre em misturas. A proporção com que são lançados individualmente os PAHs no ambiente, difere grandemente de fonte para fonte. Este perfil pode ser</p>

	<p>usado para estabelecer medições no campo, e quantificar a contribuição dos vários níveis de PAHs das diferentes fontes.</p>
<p>Propriedades e Ocorrências</p>	<p>A fonte maioritária de PAHs é a industria, como por exemplo: a industria da fusão do alumínio, a industria da produção do Coke (metal fundido), a combustão não controlada de cabos, e a protecção e conservação florestal. Outras fontes incluem câmaras de calor, especialmente locais de fogo de combustão de lenha e zonas de tráfego.</p> <p>Dos PAHs, salientam-se os congéneres: Fenantreno, Fluoranteno, Pireno, Benzo(a)antraceno, Antraceno, Benzofluoranteno, Benzopireno, Benzo(a)pireno, Benzo(ghi)perileno.</p> <p>Os humanos estão muito expostos a estas substâncias pela sua inalação a partir do fumo dos cigarros e fogareiros a lenha, e pela sua ingestão na comida.</p> <p>Produtos granulados, produtos lacticínios, óleos vegetais, doces e carne, são as mais importantes fontes de PAHs na comida.</p> <p>A quantidade de PAHs que entra largamente no ambiente, nomeadamente no meio aquático é estimada em 230 000 toneladas métricas, causada principalmente por óleos poluentes, deposição e precipitação. Esta poluição é primariamente encontrada em áreas onde quer a industria quer a população estão concentradas, como zonas de deltas, estuários e águas costeiras.</p> <p>Os caminhos pelos quais os PAHs entram no ambiente aquático são numerosos, atingem a superfície da água através de alguns acidentes, descargas, drenagem e deposição. As fontes incluem gases de navios, deposição do pó de carvão, drenagem de pântanos de turfa, e ainda mais importante, por óleos de contaminação.</p> <p>Os PAHs que entram na atmosfera por processos de combustão, eventualmente enriquecem a terra ou a água pela deposição húmida ou seca.</p> <p>A água de desperdícios urbanos e industriais é rica em PAHs, e apenas uma pequena percentagem destas substâncias é removida pelo tratamento dos despejos.</p> <p>Tendo em conta a sua baixa solubilidade, os PAHs são encontrados a baixos níveis na água. Eles são facilmente adsorvidos pelo material orgânico e partículas inorgânicas, e conseqüentemente o seu transporte é muito controlado pelos processos hidrodinâmicos.</p> <p>A solubilidade dos PAHs é fortemente influenciada pela temperatura e pelo seu peso molecular, quanto maior o peso molecular da molécula mais baixa</p>



a sua solubilidade.

De acordo com Helmann, os PAHs são adsorvidos preferencialmente pelas mais pequenas partículas, 94% ou mais dos PAHs encontrados estão ligados a partículas com dimensões inferiores aos 20  $\mu\text{m}$ . Além disso, estas substâncias são geralmente muito solúveis em gorduras e óleos.

Quando a matéria suspensa é colocada em contacto com a água na qual se encontram dissolvidos os PAHs, 50% destes compostos são adsorvidos em algumas horas. O processo de adsorção na sua totalidade pode demorar muitos meses até se finalizar por completo.

Nos estuários, os mais elevados níveis de PAHs foram encontrados nas zonas de diluição, a área onde a sedimentação e a ressuspensão têm lugar. Assume-se que grande parte destas substâncias passe através desta zona, uma vez que são adsorvidas pelas mais pequenas partículas. Mais de metade da carga de PAHs são eventualmente acumulados em sedimentos.

A sedimentação tem lugar próximo da fonte: em portos de abrigo, perto dos tubos de drenagem, junto das instalações costeiras *off-shore*, junto de camadas de estacas de madeira e junto da própria indústria que liberta estes compostos. A sedimentação perto da fonte pode ser explicada pelas elevadas concentrações actuais presentes, pela baixa solubilidade destes compostos e pela descarga de fracções de crude.

A concentração destas substâncias pode decrescer pela sua evaporação e transformação. A evaporação desempenha um papel muito significativo na superfície das águas e depende também da temperatura, do movimento da água, do vento, e claro do peso molecular das substâncias individuais. Especialmente com o naftaleno e os PAHs que contêm 3 anéis de benzeno, a evaporação é uma fonte importante de perdas deste composto para a atmosfera.

O mais importante processo de transformação abiótica para os PAHs é a degradação fotoquímica, que é proporcional ao conteúdo de oxigénio dissolvido. Este processo de degradação fotoquímica pode ser acelerado por ácidos húmicos e aumenta exponencialmente com o aumento da temperatura. Existem muitas diferenças respeitantes à reactividade fotoquímica existente entre as várias moléculas individuais; o **naftaleno** não é muito reactivo, enquanto que o **benzopireno** é muito reactivo.

A degradação biológica dos PAHs ocorre segundo condições aeróbicas, e nos sedimentos a sua degradação depende fortemente do pH e rH. Nos sedimentos anaeróbios não perturbados, os PAHs são praticamente estáveis. O tempo necessário para os PAHs serem degradados pelas

bactérias no meio da quantidade das substâncias presentes, é inversamente proporcional à solubilidade da substância na água, dependendo das circunstâncias ambientais e se o meio está ou não previamente poluído por estas substâncias. O tempo de semivida do naftaleno situa-se em 125 dias. O benzopireno tem um tempo de vida de 3 a 6 anos.

Os PAHs de baixo peso molecular podem ser totalmente degradados em **fenóis** e **metabolitos ácidos**. Várias bactérias são também capazes de transformar os vários PAHs.

A acumulação de PAHs no ambiente aquático depende largamente das propriedades químicas e físicas das substâncias e da exposição de algumas espécies. A proporção da acumulação e da excreção destas substâncias é em geral mais baixa quando o peso molecular é mais alto. As maiores quantidades de acumulação e de excreção foram encontradas em carapaças de organismos e peixes. A quantidade excretada por estes organismos, depende provavelmente da sua capacidade para metabolizarem estas substâncias. Verifica-se geralmente que os PAHs, com excepção para o naftaleno, se podem acumular em grandes quantidades nos sedimentos finos.

O princípio que regula a acumulação destes compostos nos sedimentos e/ou alimentos é ainda pouco conhecido. As concentrações encontradas nos organismos são sempre inferiores às concentrações encontradas nos sedimentos circunscritos, e isto é verdadeiro, mesmo para os organismos que obtêm a sua nutrição directamente desses sedimentos. Isto sugere que os PAHs ligados aos sedimentos têm uma menor bio-utilização.

Para várias moléculas individuais de PAHs, uma certa quantidade de fototoxicidade foi mostrada, resultando num crescimento da toxicidade dos PAHs na presença da luz. A fototoxicidade age em simultâneo na presença de outras substâncias, muitos PAHs são vistos como uma possível causa do desenvolvimento de tumores nos organismos aquáticos.

Em alguns estudos, a correlação entre a presença destas substâncias, PAHs, e a alteração nos cromossomas dos organismos aquáticos de água doce, salobra e marinhos, foi encontrada. Por exemplo, um estudo de campo efectuado em água fresca, compara valores de uma área poluída (Total de PAHs: 18 a 70 ppm) com valores de uma área não poluída (Total de PAHs: 0 a 17ppm), e mostra um aumento frequente de tumores nos intestinos do peixe. A toxicidade aguda dos PAHs nos organismos aquáticos tem uma amplitude que se situa entre 0,2 e 10 ppm. Efeitos subletais foram relatados para concentrações de PAHs entre 5 e 10 ppb. Nestes casos, as

	<p>funções da célula e da membrana nuclear foram encontradas perturbadas.</p> <p>No que respeita aos humanos, é conhecido que o <a href="#">naftaleno</a> e o <a href="#">antraceno</a> (PAHs com 2 ou 3 anéis de benzeno numa cadeia contínua) não são cancerígenos. Outros PAHs, como o <a href="#">benzoantraceno</a>, o <a href="#">benzofluoranteno</a>, o <a href="#">benzopireno</a>, o <a href="#">indeno</a>, etc. são definitivamente cancerígenos, e outros como o <a href="#">fluoranteno</a>, o <a href="#">tenantreno</a>, etc. são possivelmente cancerígenos. O mais potente PAH cancerígeno é o benzopireno.</p> <p>Ainda que sejam conhecidos pontos de partida acerca das características dos PAHs para a redução da sua emissão para o ambiente, possibilidades de alcançar esse objectivo são restritas. Ajustamentos técnicos para processos existentes, apenas limitam os efeitos de emissão. Fontes difusas, são no entanto difíceis de controlar, por exemplo a queima de lenha nas casas particulares.</p> <p>As consequências económicas da redução de certas quantidades de substâncias emitidas pelas várias indústrias são de considerar. Em alguns casos, como na emissão automóvel, a redução da emissão é quase sempre anulada por um aumento generalizado no número de viaturas activas.</p> <p>No que respeita à quantidade dos níveis de PAHs nos sedimentos, a mesma análise que foi feita para os PCBs pode aqui ser aplicada. A correlação com a matéria orgânica é muitas vezes a razão para a quantidade de carbono orgânico na mesma amostra.</p>
--	---

## HCB - HEXACLOROBENZENOS

Tabela 22 Substância HEXACLOROBENZENOS - HCB

Nome	HEXACLOROBENZENOS
Símbolo	HCBs
Descrição	<p>O hexaclorobenzeno é um composto sólido, cristalino de cor branca. Este composto não ocorre naturalmente na natureza, mas forma-se como um subproduto durante o fabrico de produtos químicos usados como solventes (para dissolverem outras substâncias), a partir de outros compostos que contenham cloro, e em pesticidas.</p>
Propriedades e Ocorrências	<p>Os HCBs tendem a permanecer no ambiente como sólidos durante longos períodos de tempo.</p> <p>Se os HCBs são lançados no solo, grande parte deles permanecerão ali após 3 a 6 anos; e metade daqueles que são lançados nos lagos e águas subterrâneas, ainda lá estarão passados 30 a 300 dias do seu lançamento. Muitas das partículas ligam-se ao fundo e margens, uma vez que os HCBs não são muito solúveis na água. Também ainda não é claro por quanto tempo persistem as partículas de HCBs na atmosfera. A evaporação dos HCBs para a atmosfera não é significativa segundo condições normais.</p> <p>Devido à baixa solubilidade dos HCBs na água, estes compostos não estão usualmente presentes na água potável. Baseando-nos numa observação cuidadosa, foram detectados HCBs em níveis muito baixos na superfície da água e nos sistemas de aquíferos nas águas subterrâneas. Foram encontradas concentrações de HCBs na água na ordem dos 21 ppb (21 partes de HCBs por 1 bilião de partes de água), e foram relatadas em amostras recolhidas em locais de desperdícios perigosos.</p> <p>Os HCBs são considerados uma substância tóxica, perigosa quando ingerida ou inalada. Provocam derrames nos olhos e pode irritar a pele se o contacto for prolongado, existindo a possibilidade de efeitos irreversíveis. Foi descoberto através de laboratórios animais que esta substância é cancerígena.</p> <p>A máxima concentração admitida é aproximadamente 0,1% peso/peso, acima deste valor a concentração desta substância passa a classificar-se como perigosa e potencialmente cancerígena.</p> <p>Esta informação é muito útil porque os HCBs causam ou podem causar malefícios nos seres vivos; daí que a identificação de locais onde se verifiquem concentrações apreciáveis desta substância, seja muito importante, pois esses locais constituem as actuais fontes de exposição</p>

<p>para os humanos aos HCBs.</p> <p>Quando um produto químico é lançado a partir de uma grande área, como um complexo industrial, ou a partir de um contentor, entra no ambiente como uma emissão química. Esta emissão é designada por descarga e nem sempre conduz a uma situação de exposição directa.</p> <p>Podemos ficar expostos a estes produtos químicos apenas quando entramos em contacto directo com eles, através do contacto com substâncias que contenham este produto químico, ou através do ambiente pela sua inalação e/ou ingestão.</p> <p>Se os seres humanos forem expostos a substâncias perigosas como os HCBs, muitos factores determinam quais os efeitos nocivos para a saúde que irão ocorrer, e qual o tipo desses efeitos.</p> <p>Estes factores incluem: qual a dose (quantidade), qual a duração da exposição (quanto tempo), qual a via pela qual houve exposição à substância, outros químicos a que se tenha estado exposto, dados e características pessoais.</p> <p>Os HCBs tendem a permanecer no ambiente como sólidos durante longos períodos de tempo.</p> <p>A exposição aos HCBs pode ocorrer quando se vive perto de uma área ou local industrial, onde os HCBs sejam usados, ou locais como lixeiras onde estes produtos de desperdício das indústrias são despejados (como resíduos). Nestes locais os HCBs podem ser lançados para a atmosfera em partículas de poeiras. Os níveis (concentrações) de hexaclorobenzenos na atmosfera nestes locais não são ainda conhecidos. Os trabalhadores de indústrias que produzem produtos químicos tóxicos involuntariamente como subprodutos, ou que usem os HCBs, estão sujeitos a uma contaminação significativa por estes compostos, nomeadamente correm grande risco por um contacto directo através da pele.</p> <p>A exposição aos HCBs pode também ocorrer através do contacto com: os solos contaminados, partículas de pó, lançamentos industriais para o ambiente, etc. Pode ocorrer através da sua ingestão (comidas e bebidas como por exemplo: o leite, outros lacticínios, aves domésticas: galinhas, patos, perus, etc., carne, etc.). Quando esta substância é ingerida em combinação com gorduras e/ou óleos, tanto mais é absorvida pelo organismo, comparativamente com os HCBs absorvidos a partir da água potável. Os níveis de concentração dos HCBs resultantes da exposição a estas várias fontes não foram ainda estimados.</p> <p>Os HCBs podem entrar no organismo quando são ingeridos a partir da</p>
---

comida contaminada com esta substância, quando são inalados, pela respiração de partículas no ar, quando a pele entra em contacto directo com estas substâncias. Seguidamente à sua admissão no organismo, os HCBs rapidamente propagam-se a muitos tecidos do corpo, especialmente às gorduras; provavelmente isto ocorre em apenas poucas horas. Muitos dos HCBs permanecerão no organismo, especialmente nas gorduras, durante anos. Uma grande porção de HCBs contidos nas gorduras podem ser transmitidos da mãe ao filho através do leite materno durante o período de amamentação. Os efeitos na saúde causados pela inalação de HCBs ou por contacto directo com absorção pela pele, não são ainda conhecidos.

Há evidências de que os HCBs são tóxicos para as crianças, nomeadamente nas mais novas, após o nascimento e durante o aleitamento, se as mães tiverem estado expostas a HCBs então as crianças estarão expostas também aos HCBs através do leite. A presença desta substância no organismo das crianças reduz as possibilidades da sua sobrevivência. Outros estudos em animais mostraram que ingerindo HCBs durante um longo período, podem causar danos: no fígado, no sistema imunitário, nos rins e no sangue, produzindo ainda erupções e pigmentações na pele. Mais estudos em animais, sugerem ainda que ingerindo uma quantidade significativa de HCBs durante um certo período de tempo, estes podem conduzir ao cancro do fígado e/ou da tiróide.

Não existe informação das concentrações de HCBs na atmosfera que afectem os humanos e ou os animais. O Nível Mínimo de Risco (MRLs) derivou de dados colhidos a partir de animais que estiveram durante um longo período de tempo expostos a esta substância.

Os níveis mínimos de risco constituem uma base de comparação com os níveis que os humanos podem encontrar quer na atmosfera, quer na comida, quer na água para beber. Se uma pessoa à exposta aos HCBs, numa quantidade inferior aos níveis mínimos de risco, não é esperado que efeitos nocivos para a saúde ocorram. No entanto, estes níveis mínimos de risco, são estimativas baseadas unicamente em informações de avaliação das tendências, onde alguma incerteza permanece. Isto porque o método pelo que se obtêm os valores para os NMR's, não usa nenhuma informação acerca do cancro; um determinado NMR nada diz a respeito da presença ou ausência do nível de risco para a ocorrência de cancro.

Existe um teste para determinar se uma pessoa esteve ou não exposta aos HCBs, usando equipamento especializado medem-se os níveis de HCBs nas gorduras humanas ou no sangue; uma vez que este composto se pode

	<p>acumular e permanecer nas gorduras humanas durante vários anos. O teste para os HCBs contidos nas gorduras, indicam apenas que uma pessoa esteve exposta, mas não “quando” nem “quanto” uma pessoa esteve exposta. O teste para o sangue pode indicar uma exposição mais recente. No entanto os níveis medidos não podem ainda nesta altura ser usados para preverem os danos na saúde humana.</p> <p>O Departamento Americano de Protecção Ambiental (EPA) desenvolveu uma série de conselhos para proteger as pessoas dos potenciais efeitos na saúde humana quando expostos aos HCBs da água para consumo público. Este departamento propôs que a exposição aos HCBs na água para consumo público não excede os 0,05 ppm (0,05 partes de HCB por 1 milhão de partes de água) durante 10 dias até 7 anos nos adultos e crianças, e 0,2 ppm em exposições mais prolongadas, cerca de 7 anos nos adultos. No entanto ainda não foi estabelecido um plano de trabalhos estandardizado para os HCBs.</p> <p>As precauções necessárias no seu manuseamento são várias, mas há que evitar a exposição.</p>
--	---