



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

**SISTEMA INFORMÁTICO DE APOIO AO PLANEAMENTO E
ORDENAMENTO TURÍSTICO**

Célia Maria Quitério Ramos
(Licenciada)

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e de
Computadores**

Orientador:
Doutor Mário Rui Fonseca dos Santos Gomes

Júri:
Doutora Maria Helena Lima Baptista Braz
Doutor José Manuel Henriques Simões
Doutor Mário Rui Fonseca dos Santos Gomes

Lisboa, 31 de Dezembro de 1996



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA
INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

**SISTEMA INFORMÁTICO DE APOIO AO PLANEAMENTO E
ORDENAMENTO TURÍSTICO**

Célia Maria Quitério Ramos
(Licenciada)

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Electrotécnica e de
Computadores**

Orientador:

Doutor Mário Rui Fonseca dos Santos Gomes

Júri:

Doutora Maria Helena Lima Baptista Braz

Doutor José Manuel Henriques Simões

Doutor Mário Rui Fonseca dos Santos Gomes

Lisboa, 31 de Dezembro de 1996

Aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

A realização de uma Tese só é possível se o ambiente que nos rodeia é caracterizado por factores humanos, culturais, científicos e materiais favoráveis. O desenvolvimento da presente tese foi efectuado num ambiente com as características especificadas e por esse motivo, quero expressar os meus agradecimentos:

Ao meu Orientador, Professor Doutor Mário Rui Gomes, por ter tornado possível a realização desta tese, pela colaboração, críticas, sugestões e apoio sempre demonstrado.

Ao Mestre Paulo Águas, pela disponibilização e indicação de informação na área do Turismo.

Ao Mestre Helder Carrasqueira, pela disponibilização e indicação de informação, e pelas sugestões apresentadas na área do Planeamento e Ordenamento.

Ao Dr. João Fontinha, pela ajuda e sugestões na fase de leitura e revisão do texto.

À ESGHT - UAL, pela oportunidade e facilidades que me concedeu para a realização da tese.

À minha família, amigos e colegas, pela paciência, apoio e compreensão sempre demonstrada.

SUMÁRIO

O ambiente é actualmente uma das maiores preocupações da humanidade. As actividades que o melhoram/degradam precisam ser avaliadas e controladas através de meios eficientes. Esses meios devem facilitar a tarefa dos Decisores e permitir o controlo dos impactes ambientais provocados pelo desenvolvimento dessas actividades.

A actividade turística, pelas suas características causa um elevado impacte ambiental, devendo o seu desenvolvimento ser condicionado pelas características ambientais onde se insere.

A Tese contida nesta Dissertação tem a finalidade de apresentar os Sistemas de Gestão de Base de Dados como um Sistema de Apoio à Decisão, que permite ao Decisor a consulta, gestão e construção de cenários de decisão como resultado da aplicação de medidas definidas no planeamento e ordenamento turístico de uma região.

Os sistemas de informação, principalmente os que representam a informação geográfica, permitem o desenvolvimento de uma arquitectura com as características acima referidas. Como a informação associada a esta arquitectura deve ser real e actualizada, a *Internet* deve ser utilizada como meio de acesso à informação da região exemplo - Algarve.

A arquitectura desenvolvida apresenta os cenários associados a cada decisão, oferecendo vantagens competitivas aos Decisores no processo de decisão, uma vez que é possível avaliar, prever e controlar os futuros impactes ambientais do Turismo.

PALAVRAS CHAVES

Sistemas de Gestão de Base de Dados, Sistemas de Apoio à Decisão, Sistemas de Informação Geográfica, Impactes Ambientais do Turismo, Planeamento e Ordenamento Turístico, Internet.

SUMMARY

The environment is nowadays one of the greatest concerns of humankind. The activities that improve or destroy it must be assessed and controlled by efficient means. These means should facilitate the task of the Decision Makers and allow the control of the environment impacts caused by the development of these activities.

The Tourist activity, due to its own characteristics, causes high environmental impact and its development should be influenced by the environmental characteristics of each region.

The purpose of this Thesis described in this Dissertation, is to present the DataBase Management Systems as a Decision Support System, allowing the Decision Maker the consult, the management and the presentation of decision schemes based on the defined measures of the Tourism planning of a region.

The Information Systems, mainly those which represent the geographical information, will permit the development of a design with the characteristics mentioned above. As the information associated with this design should be real and update, the Internet should be used as a means of access to the information of the region given as an example - the Algarve.

The design presents the schemes associated to each decision, offering competitive advantages to the Decision Makers involved in the decision process, since it is possible to evaluate, foresee, and control the future environmental impacts of Tourism.

KEYWORDS

DataBase Management Systems, Decision Support Systems, Geographical Information Systems, Environmental Impacts of Tourism, Tourist Planning, Internet.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS-----	v
SUMÁRIO-----	vii
PALAVRAS CHAVES -----	vii
SUMMARY -----	ix
KEYWORDS -----	ix
ÍNDICE GERAL-----	xi
ÍNDICE DE FIGURAS-----	xv
ÍNDICE DE TABELAS -----	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS-----	xix
CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO -----	1-1
1.1 - Considerações Iniciais-----	1-1
1.2 - Objectivos -----	1-2
1.3 - Organização dos Capítulos-----	1-3
CAPÍTULO 2 - SISTEMAS DE INFORMAÇÃO -----	2-1
2.1 - Introdução-----	2-1
2.2 - Concepção de um Sistemas de Gestão de Base de Dados-----	2-2
2.2.1 - Conceitos de Base de Dados-----	2-2
2.2.2 - Níveis de Abstracção -----	2-3
2.2.3 - Modelos de Dados -----	2-5
2.2.4 - Sistemas de Gestão de Base de Dados Relacionais-----	2-9
2.2.5 - Concepção de uma Aplicação associada a um SGBD -----	2-13
2.2.5.1 - Modelo Entidades-Associações -----	2-13
2.2.5.2 - Dicionário de Dados-----	2-17
2.2.5.3 - Diagrama de Transição de Estados-----	2-18
2.2.6 - SQL (<i>Structured Query Language</i>) -----	2-19
2.3 - Os Sistemas de Informação Geográfica -----	2-20
2.3.1 - Modelos de dados espaciais -----	2-24
2.3.1.1 - Modelo <i>Raster</i> -----	2-24
2.3.1.2 - Modelo Vectorial-----	2-26
2.3.1.3 - Modelo <i>Raster</i> versus Modelo Vectorial-----	2-27
2.3.2 - Base de Dados Espaciais-----	2-29
2.3.3 - Problemas no uso de GIS -----	2-32
2.3.4 - Os Sistemas de Informação Geográfica e os Sistemas de Apoio à Decisão-----	2-34
2.3.4.1 - Análise de Multi-Critério -----	2-35
2.3.5 - Áreas de Desenvolvimento -----	2-37
2.3.6 - Futuro do GIS -----	2-40
2.4 - Internet - Auto-estrada da informação -----	2-42
2.4.1 - Serviços disponibilizados pela <i>Internet</i> -----	2-44
2.4.2 - Servidores WWW-----	2-46
2.4.3 - Identificação de elementos de informação na <i>Internet</i> -----	2-46

2.5 - Conclusão	2-47
CAPÍTULO 3 - PLANEAMENTO E ORDENAMENTO TURÍSTICO	3-1
3.1 - Introdução	3-1
3.2 - Turismo - Ciclo de Vida	3-2
3.3- Planeamento Turístico	3-4
3.4 - Ordenamento Turístico	3-7
3.5 - Integração do Planeamento e do Ordenamento	3-9
3.6 - Políticas de Turismo	3-10
3.6.1 - Plano de Ordenamento Turístico	3-11
3.6.2 - Plano Regional de Turismo	3-12
3.6.3 - Plano Regional de Ordenamento do Território	3-13
3.7 - Impactes Ambientais do Turismo	3-14
3.7.1 - Estudos Realizados para Avaliar os Impactes Ambientais	3-16
3.7.2 - Avaliação dos Impactes Ambientais	3-18
3.7.3 - Capacidade de Carga Turística	3-19
3.8 - Conclusão	3-20
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DO SISTEMA	4-1
4.1 - Introdução	4-1
4.2 - Descrição do Sistema	4-1
4.2.1 - O Caso dos Recursos Turísticos	4-1
4.2.2 - Organização do Território Português	4-3
4.2.3 - Escolha do Local	4-4
4.2.4 - Caracterização do Local	4-5
4.2.5 - Condicionismos Turísticos do Local	4-7
4.2.5.1 - Objectivos do PRTA	4-9
4.2.5.2 - Objectivos do PROTAL	4-9
4.2.5.3 - Concretização dos Planos do Desenvolvimento Turístico	4-10
4.2.5.4 - Limitações das Normas da OMT	4-14
4.2.5.5 - Apresentação de Resultados	4-15
4.3 - Metodologia	4-15
4.3.1 - Identificação das Entidades	4-16
4.3.2 - Modelo Entidades-Associações	4-17
4.3.3 - Dicionário de Dados	4-22
4.3.4 - Diagrama de Transição de Écrans	4-24
4.4 - Procura de Informação	4-25
4.4.1 - Meio de Pesquisa de Informação	4-26
4.4.2 - Fontes de Informação	4-26
4.4.3 - Problemas de Acesso à Informação	4-27
4.5 - Conclusão	4-29
CAPÍTULO 5 - REALIZAÇÃO	5-1
5.1 - Introdução	5-1
5.2 - Ambiente de Trabalho	5-2

5.2.1 - Requisitos de <i>Hardware e de software</i> -----	5-3
5.2.2 - <i>Oracle Power Objects Designer</i> -----	5-4
5.2.3 - Base de Dados <i>Blaze</i> -----	5-5
5.2.4 - Limitações das Base de Dados <i>Blaze</i> -----	5-8
5.3 - Instrumento de Interação Homem/Máquina -----	5-9
5.3.1 - Formulários de Redireccionamento da Funcionalidade do Programa -----	5-10
5.3.2 - Formulários de Manipulação/Apresentação de Dados -----	5-14
5.4 - Componente Computacional de Construção de Cenários de Decisão -----	5-16
5.5 - Conclusão -----	5-19
CAPÍTULO 6 - CONCLUSÃO -----	6-1
6.1 - Conclusões sobre o Trabalho Realizado-----	6-1
6.2 - Trabalho Futuro-----	6-3
APÊNDICES	
Apêndice 1 - Modelo Entidades-Associações-----	Ap-1
Apêndice 2 - Atributos das Entidades-----	Ap-2
Apêndice 3 - Legenda do Modelo Entidades - Associações -----	Ap-5
Apêndice 4 - Dicionário de Dados-----	Ap-12
Apêndice 5 - Diagrama de Transição de Écrans -----	Ap-26
Apêndice 6 - Fontes de Informação-----	Ap-27
Apêndice 7 - Formulário para Selecção da Informação a Consultar -----	Ap-29
Apêndice 8 - Formulário para Seleccionar a Informação Turística a Gerir -----	Ap-29
Apêndice 9 - Formulário para Apoio à Decisão Turística-----	Ap-30
Apêndice 10 - Formulário de Identificação da Aplicação -----	Ap-30
Apêndice 11 - Formulário para Consulta das Normas da OMT-----	Ap-31
Apêndice 12 - Formulário para Consulta dos Dados do Concelho -----	Ap-31
Apêndice 13 - Formulário para Consulta dos Dados (PRTA)-----	Ap-32
Apêndice 14 - Formulário para Consulta dos Dados dos Recursos Turísticos-----	Ap-32
Apêndice 15 - Formulário para Consulta de Tipos de Alojamentos (OMT) -----	Ap-33
Apêndice 16 - Formulário de Consulta das Limitações da Água nos Alojamentos --	Ap-33
Apêndice 17 - Formulário para Consulta dos Objectivos Operacionais (PRTA) -----	Ap-34
Apêndice 18 - Formulário para Consulta das Medidas a utilizar na Aplicação de cada Acção-----	Ap-34
Apêndice 19 - Formulário para Consulta de Alojamentos-----	Ap-35
Apêndice 20 - Formulário para Gestão de Alojamentos -----	Ap-35
Apêndice 21 - Formulário para alterar Cenários de Decisão-----	Ap-36
Apêndice 22 - Formulário para Consulta do Sistema Real -----	Ap-36
Apêndice 23 - Formulários para Consulta dos vários Cenários de Decisão -----	Ap-37

Apêndice 24 - Relatório dos Tipos de Alojamento-----	Ap-38
Apêndice 25 - Relatório dos Tipos de Parques -----	Ap-41

ANEXOS

Anexo I - Ciclo de Vida do Turismo-----	An-1
Anexo II - Princípios do Turismo Sustentado -----	An-2
Anexo III - Planeamento e Ordenamento Turístico-----	An-3
Anexo IV - Tipos de Turismo -----	An-4
Anexo V - Avaliação da Intensidade de Carga -----	An-5
Anexo VI - Avaliação dos Impactes Ambientais dos Diversos Planos Alternativos tendo em vista uma Primeira Selecção -----	An-7
Anexo VII - Componentes e Categorias do Ambiente -----	An-8
Anexo VIII - Lista dos Parâmetros de Ambiente a ter em consideração na Avaliação das Alternativas do Projecto -----	An-9
Anexo IX - Indicadores da Pressão Turística para Futuras Investigações -----	An-10
Anexo X - Distribuição das Dez Políticas Subdivididas pelos Três Itens Principais---	An-12
Anexo XI - Quantificação do Ponto de Saturação -----	An-13
Anexo XII - Divisões Administrativas de Portugal Continental - NUTs -----	An-18
Anexo XIII - Estrutura da Base de Dados Alfanumérica Caracterizadora da Divisão Administrativa do Território -----	An-19
Anexo XIV - Mapa do Algarve Zonas Edafo-Climáticas-----	An-23
Anexo XV - Divisão Administrativa da Região do Algarve - NUTs-----	An-24
Anexo XVI - Loulé - Zonas Geográficas -----	An-24
Anexo XVII - Loulé - Freguesias -----	An-25
Anexo XVIII - Domínios Estratégicos do PRTA -----	An-26
Anexo XIX - Balanço da atribuição da função T - Turismo-----	An-32
Anexo XX - Tipos de Dados da Base de Dados <i>Blaze</i> -----	An-33

BIBLIOGRAFIA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Níveis de Abstracção	2-4
Figura 2.2 - Modelo Relacional.....	2-6
Figura 2.3 - Modelo Hierárquico.....	2-7
Figura 2.4 - Modelo em Rede	2-8
Figura 2.5 - Estrutura de um Sistema de Gestão de Base de Dados Relacional.....	2-11
Figura 2.6 - Exemplo de um Modelo Entidades-Associações	2-14
Figura 2.7 - Exemplo de Tabelas Normalizadas	2-16
Figura 2.8 - Estrutura do Modelo <i>Raster</i>	2-25
Figura 2.9 - Compactação através do Processo <i>Run-Lenght-Encoding</i>	2-26
Figura 2.10 - Compactação através do Processo <i>Quadtree</i>	2-26
Figura 2.11 - Modelo Vectorial - Estrutura Polígono.....	2-27
Figura 2.12 - Modelo Vectorial - Estrutura Topológica.....	2-28
Figura 2.13 - Modelos de Dados (<i>Raster</i> versus <i>Vector</i>)	2-29
Figura 2.14 - Ligações entre Dados Espaciais e Não Espaciais	2-31
Figura 2.15 - Modelo MCDM	2-36
Figura 3.1 - Interacção entre o Turismo e o Ambiente	3-15
Figura 4.1 - Extracto do Modelo Entidades-Associações.....	4-19
Figura 4.2 - Extracto dos Atributos das Entidades.....	4-19
Figura 4.3 - Extracto do Dicionário de Dados.....	4-23
Figura 4.4 - Extracto do Diagrama de Transição de Écrans	4-24
Figura 5.1 - Objectos de uma Sessão de uma Base de Dados <i>Blaze</i>	5-6
Figura 5.2 - Tipos de Objectos presentes numa Aplicação	5-7
Figura 5.3 - Camadas Apresentadas no Desenvolvimento de uma Aplicação.....	5-8
Figura 5.4 - Logotipo do SAPOT.....	5-10
Figura 5.5 - Formulário Principal da Arquitectura Desenvolvida - SAPOT	5-11
Figura 5.6 - Formulário para Gestão de Cenários de Decisão	5-13
Figura 5.7 - Formulário para Consulta dos Dados Geográficos do Concelho.....	5-15
Figura 5.8 - Algoritmo para Construção dos Cenários de Decisão	5-18
Figura 6.1 - Arquitectura para Automatizar a Procura de Informação	6-4

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 - Objectivos Operacionais do PRTA.....	4-11
Tabela 4.2 - Lista de Medidas Consideradas para as Acções.....	4-13
Tabela 4.3 - Distribuição das Medidas pelas Acções	4-14

LISTA DE ABREVIATURAS

1FN	Primeira Forma Normal
2FN	Segunda Forma Normal
3D	Três dimensões
3FN	Terceira Forma Normal
AGI	<i>Association for Geographic Information</i>
BD	Base de Dados
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CCR	Comissão de Coordenação Regional
CCRALG	Comissão de Coordenação da Região do Algarve
CEAL	Confederação dos Empresários do Algarve
CNC	Centro Nacional de Cultura
CNIG	Centro Nacional de Informação Geográfica
DBMS	<i>Database Management Systems</i>
DCL	<i>Data Control Language</i>
DDL	<i>Data Definition Language</i>
DGA	Direcção Geral do Ambiente
DGEMN	Direcção Geral dos Edifícios e Monumentos Nacionais
DGT	Direcção Geral do Turismo
DML	<i>Data Manipulation Language</i>
DSS	<i>Decision Support Systems</i>
EIT	<i>Environmental Impacts of Tourism</i>
ESGHT	Escola Superior de Gestão, Hotelaria e Turismo
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GIS	<i>Geographical Information Systems</i>
HTML	<i>HyperText Markup Language</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
IAT	Impactes Ambientais do Turismo
ICN	Instituto da Conservação da Natureza
IEADR	Instituto de Estruturas Agrárias e Desenvolvimento Rural

IGE	Instituto Geográfico do Exército
IGN	Instituto Geológico e Mineiro
IIHM	Instrumento de Interação Homem/Máquina
IJGIS	<i>International Journal of Geographical Information Systems</i>
INAG	Instituto da Água
INE	Instituto Nacional de Estatística
IP	<i>Internet Protocol</i>
IPCC	Instituto Português de Cartografia e Cadastro
IS	<i>Information Systems</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
MAN	<i>Metropolitan Area Network</i>
MCDM	<i>Multiple Criteria Decision Making</i>
NUT	<i>National Unit Territorial</i>
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i>
OMT	Organização Mundial do Turismo
OPO	<i>Oracle Power Objects</i>
PDM	Plano Director Municipal
PDR	Planos de Desenvolvimento Regional
PGU	Plano Geral Urbano
POT	Planeamento e Ordenamento Turístico
PP	Plano Pormenor
PROT	Plano Regional de Ordenamento do Território
PROTAL	Plano Regional do Ordenamento do Território - Algarve
PRT	Plano Regional do Turismo
PRTA	Plano Regional do Turismo - Algarve
RAG	Região Agrícola
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SAPOT	Sistema de Apoio ao Planeamento e Ordenamento Turístico
SGBD	Sistema de Gestão de Base de Dados
SGBDR	Sistemas de Gestão de Base de Dados Relacionais
SI	Sistemas de Informação

SIG	Sistema de Informação Geográfica
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TPO	<i>Touristic Planning and Ordening</i>
UAL	Universidade do Algarve
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
WAIS	<i>Wide Area Information Servers</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Considerações Iniciais

A oferta de Sol, praia e de um clima harmonioso fizeram da região Algarvia uma das mais procurada pelos turistas em Portugal. No entanto, o Turismo como era na década de 60 uma actividade recente foi crescendo sem o necessário enquadramento ao nível dos planos de desenvolvimento, o que provocou o surgimento de desequilíbrios em determinados locais da região.

Só no início dos anos 90, foram desenvolvidos planos que visavam a protecção ambiental e o equilíbrio das populações, o Planeamento Regional do Território (PRTs) e o Plano Regional de Ordenamento do Território (PROTs). Mas, estes planos não permitiram detectar e avaliar os impactes ambientais provocados pelo desenvolvimento turístico de um local, porque:

- O Turismo era uma actividade muito recente,
- Foram planos pioneiros no sector Turístico, os quais ainda não foram revistos,
- Não foram contemplados os imprescindíveis meios informáticos que permitissem a apresentação de informação actualizada, efectuassem a gestão de grandes quantidades de informação, e que permitissem a análise e previsão dos impactes ambientais resultantes da aplicação de determinadas medidas presentes nos planos.

Ficaram sem resposta perguntas tão relevantes, para a análise dos impactes turísticos na região Algarvia, como:

- Poderá ser efectuada uma avaliação e previsão dos efeitos que o desenvolvimento turístico causa no ambiente?
- De que forma poderá ser efectuado um controlo e reajuste em determinado local, como meio de diminuir e evitar os impactes ambientais provocados pelo desenvolvimento turístico?

Estas preocupações são partilhadas não só pelas entidades ligadas ao sector Turístico, como pela generalidade dos Algarvios. A Autora é algarvia e desempenha as funções de

docente na Escola Superior de Gestão, Hotelaria e Turismo da Universidade do Algarve, estando munida de conhecimentos informáticos obtidos na licenciatura em Engenharia Informática da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, considerou que poderia dar alguma contribuição no sentido de ser possível responder às questões acima formuladas. Assim, para lá da Universidade do Algarve ministrar cursos que vão de encontro às necessidades do sector Turístico, também se preocupa com o desenvolvimento do mesmo. Incentiva ainda os seus docentes a realizarem investigação na área.

1.2 - Objectivos

Nas últimas décadas, o sector Turístico apresentou um rápido crescimento, para o qual as entidades governamentais não estavam preparadas e não definiram planos que considerassem as características ambientais de cada região.

O rápido crescimento do Turismo provocou uma alteração na qualidade de vida das populações residentes e dos turistas, originando uma degradação cultural, social e ecológica. Com o desenvolvimento do sector, os desequilíbrios ambientais começaram a surgir em determinados locais turísticos - o equilíbrio da região começou a ficar em perigo. As entidades governamentais nacionais e regionais sentiram a necessidade de definir Planeamentos Turísticos e de concretizar Ordenamentos nas zonas turísticas através dos planos definidos para colmatar os desequilíbrios - Planos Regionais do Turismo, Planos Regionais de Ordenamento do Território, entre outros.

Os planos referidos foram o ponto de partida para a avaliação e controlo dos impactes ambientais provocados pelo desenvolvimento do Turismo na região. No entanto, não foram suficientes para realizar o objectivo a que se propunham, uma vez que as entidades governamentais não estavam guarnecidas de meios que lhe permitissem detectar e prever os impactes ambientais, ou seja, faltava-lhes o acesso a grandes quantidades de informação actualizada e atempada da região, e a meios que a analisassem.

As limitações apresentadas podem ser desenvolvidas recorrendo à tecnologia, através do desenvolvimento de uma arquitectura que para além de manipular grandes quantidades de informação fosse caracterizada por um ambiente de apoio à decisão. Este ambiente

não apresentava decisões mas apresentava cenários de decisão, o que dava aos Decisores elevadas vantagens competitivas no processo de decisão.

A arquitectura referida deveria ser caracterizada pelo armazenamento, consulta e gestão de grandes quantidades de informação, e por apresentar um ambiente onde fosse possível efectuar previsões, avaliações e reajustes dos impactes ambientais provocados pelo incorrecto desenvolvimento turístico numa região.

Desenvolver um modelo para a arquitectura referida, é o objectivo da presente Tese. O modelo deverá ser constituído por um Sistema de Gestão de Base de Dados, associado a uma ferramenta de pesquisa de informação actualizada e de diversas categorias, com a qual seja possível efectuar simulações de Planeamentos e Ordenamentos Turísticos. Uma simulação construirá um cenário de decisão. Vários destes cenários de decisão, quando comparados, podem permitir ao Decisor obter mais informação sobre o impacte de determinado objectivo presente num Planeamento ou Ordenamento.

1.3 - Organização dos Capítulos

A presente Dissertação, sem considerar a introdução, é composta por três partes: Fundamentos Teóricos, Componente Experimental e Conclusões; e por fim são apresentados: apêndices, anexos e bibliografia.

A primeira parte, **Fundamentos Teóricos**, é constituída pelos seguintes capítulos:

- O capítulo 2 - **Sistemas de Informação**, apresenta os conceitos associados aos Sistemas de Gestão de Base de Dados, de Sistemas de Informação Geográfica e *Internet* como ferramenta rápida para acesso a informação de diversas categorias. As noções consideradas essenciais para a definição dos **Sistemas de Gestão de Base de Dados** vão desde os níveis de abstracção até aos Sistemas de Gestão de Base de Dados Relacionais, passando pelos modelos de dados e pela concepção de uma base de dados relacional. Os conteúdos considerados essenciais para a apresentação dos **Sistemas de Informação Geográfica** na presente Dissertação, focam os aspectos da definição dos SIGs, das estruturas de dados espaciais, das base de dados espaciais, os problemas actuais destes

sistemas, a sua integração com os sistemas de apoio à decisão, as áreas onde se têm desenvolvido mais projectos científicos e uma previsão para o futuro destes sistemas. A inclusão da *Internet* - **Auto-estrada da informação** neste capítulo, visa apresentá-la como um veículo de acesso a Informação Geográfica, Turística, ou de qualquer outra matéria, necessária para o preenchimento de um Sistema de Gestão de Base de Dados. Para atingir este objectivo será apresentada a sua definição, quais os serviços disponibilizados, o que é um Servidor *World Wide Web*, e como é possível a identificação de documentos e ficheiros que facilitam o acesso à informação.

- O capítulo 3 - **Planeamento e Ordenamento Turístico**, apresenta os conceitos associados ao Planeamento e Ordenamento Turístico definidos para uma determinada região. Os conteúdos expostos nesta matéria, que apresenta um passado pouco longínquo, englobam a definição de Planeamento, de Ordenamento, a integração destes dois assuntos; as políticas de Turismo definidas para o desenvolvimento turístico, apresentação e avaliação dos impactes ambientais provocados pelo desenvolvimento turístico.

A segunda parte, **Componente Experimental**, é constituída pelos seguintes capítulos:

- O capítulo 4 - **Análise do sistema**, descreve o sistema informático apresentado para o estudo, os modelos que o definem, a metodologia utilizada para o desenvolver e como deve ser efectuada a procura de informação.
- O capítulo 5 - **Realização**, é constituído pela descrição do ambiente de trabalho e pela descrição de formulários essenciais para o desenvolvimento do sistema informático utilizando um Sistema de Gestão de Base de Dados Relacional associado ao modelo apresentado no capítulo anterior.

A terceira parte, **Conclusões**, é composta apenas por um capítulo:

O capítulo 6 - **Conclusões**, apresenta as conclusões extraídas pela Autora com a elaboração da presente Dissertação e algumas sugestões para trabalho futuro, desde um modelo mais completo a uma ferramenta que funcionasse como um intermediário entre a *Internet* e o protótipo apresentado.

Os **apêndices** incluem os materiais elaborados pela Autora, tais como, o Modelo Entidades-Associações, a legenda do Modelo Entidades-Associações, o Dicionário de Dados, o Diagrama de Transição de Écrans e a lista de fontes de informação.

Os **anexos** são constituídos por auxiliares que serviram de base ao estudo, tais como, mapa das zonas edafo-climáticas do Algarve, domínios estratégicos do PRTA, normas da Organização Mundial do Turismo, etc.

Finalmente, a **bibliografia** engloba todos os elementos bibliográficos consultados para a elaboração da presente dissertação.

PARTE 1

FUNDAMENTOS

TEÓRICOS

CAPÍTULO 2 - SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

2.1 - Introdução

À medida que as sociedades evoluem o papel da informação tem aumentado. O termo “informação” está relacionado com dados, mas difere deste. Enquanto que, **informação** identifica todos os dados que se apresentam estruturados entre si, os **dados** identificam partes da informação, que por si só não têm significado (matéria prima). Como existe diferentes categorias de informação, torna-se indispensável um mecanismo que permita efectuar o armazenamento, manipulação e organização dos dados. Caso contrário não é possível compreender o seu significado.

Cada colecção de dados pertencentes a uma determinada categoria é armazenada numa tabela. Para descrever completamente um sistema no mundo real é necessário considerar diferentes categorias de informação estruturadas entre si, que constituem o **Sistema de Informação** associado ao sistema real.

Uma **Base de Dados** é a designação atribuída ao conjunto de tabelas associadas a cada categoria da informação que representam o sistema no mundo real. E **Sistema de Gestão de Base de Dados (SGBD)**¹ é o mecanismo referido anteriormente, que permite a gestão de uma Base de Dados.

Quando a informação que caracteriza determinado sistema é designada por “Informação Geográfica”, o Sistema de Informação que lhe está associado é designado por **Sistema de Informação Geográfica**.

Um **Sistema de Informação Geográfica (SIG)** é o conjunto de dados, geo-referenciados, que traduzem a realidade sob múltiplos aspectos, entre os quais informação geográfica sócio-económica e informação geográfica física.

Após a definição de um Sistema de Informação e da especificação da metodologia de concepção de uma arquitectura associada a um SGBD, é necessário preencher as tabelas

¹ Em inglês a designação é *DataBase Management System (DBMS)*.

da Base de Dados associada. Para aceder à informação a *Internet* tem-se posicionado como uma opção muito popular mesmo dentro das empresas (*intranet*).

A *Internet* é considerada como um veículo de procura da informação nas auto-estradas que compõem a teia mundial da informação (WWW), sendo como um meio muito potente e eficiente no acesso a diferentes categorias de informação.

2.2 - Concepção de um Sistemas de Gestão de Base de Dados

Um SGBD, é um programa computacional, que foi desenvolvido para manipular grandes quantidades de informação associadas a determinado sistema real. É caracterizado por armazenar, efectuar consultas, eliminar e inserir novos dados na Base de Dados.

A um SGBD estão associados vários conceitos, cuja relevância é essencial para perceber o seu funcionamento, entre os quais conceitos básicos de Base de Dados, níveis de abstracção, modelos de dados e conceitos associados à concepção de uma aplicação associada a um SGBD, entre outros.

2.2.1 - Conceitos de Base de Dados

Os SGBD devem providenciar um ambiente eficiente e consistente no acesso à informação, garantir a segurança no armazenamento dos dados, o mínimo de falhas do sistema informático e garantir mecanismos de segurança no acesso à Base de Dados.

Segundo H. Korth e A. Silberschatz, “o ambiente requerido é tipicamente um sistema de processamento de ficheiros (*file-processing system*), o qual é suportado por um Sistema Operativo convencional. Registos permanentes são armazenados em vários ficheiros, e um número de diferentes programas são escritos para extrair e adicionar registos aos ficheiros apropriados.” (Korth, 1986: 2).

Os SGBD surgiram devido à necessidade de ultrapassar as desvantagens apresentadas pelos Sistemas de Base de Dados convencionais. Nessa época existiam vários programadores a desenvolver programas ao mesmo tempo, o que implicava:

- uma elevada probabilidade de existir duplicação de dados (**redundância de dados**),

- informação duplicada pertencente a determinado elemento, logo num campo específico podia existir diferenças de conteúdo (**coerência de dados**),
- para aceder à informação de um determinado registo era necessário percorrer o ficheiro completo (**dificuldade no acesso aos dados**),
- o programador não deveria esquecer a definição de um comando que permitisse o acesso directo a um determinado registo; os ficheiros deveriam apresentar todos o mesmo formato, caso contrário não poderiam ser usados por alguns programas (**isolamento de dados**),
- o acesso simultâneo de vários utilizadores a um ficheiro podia provocar inconsistência nos dados (**múltiplos utilizadores**),
- certas componentes dos ficheiros de dados não deveriam ser visualizadas por todos os utilizadores, porque os registos podiam conter informações confidenciais, devia ser realizado um mecanismo que protegesse a visualização de determinados campos da Base de Dados (**problemas de segurança**),
- na inserção de dados, devia ser tomado em consideração que determinados valores não devem ser inseridos, é essencial efectuar a validação dos dados (**problemas de integridade**).

Mas, os SGBD para além do facto de ultrapassar as desvantagens apresentadas pelos SBD, apresentam desvantagens no que se refere ao preço do *software* e do *hardware* (**custo**). Sendo o *software* mais complexo, o que obriga à existência de mais recursos, de mais tempo de manutenção e de mais cópias de segurança (**aumento da complexidade**). Sendo o ambiente multi-partilhado implica também um acréscimo de problemas, a nível de falhas e de corrupções (**mais riscos**).

2.2.2 - Níveis de Abstracção

Para os autores H. Korth e A. Silberschatz, um SGBD consiste numa colecção de ficheiros relacionados entre si e num conjunto de programas que permitem a vários utilizadores aceder e modificar os referidos ficheiros. (Korth, 1986: 4).

Para desenvolver um Sistema de Gestão de Base de Dados, uma vez que apresenta uma estrutura complexa, é necessário considerar vários **níveis de abstracção** para a realização do mesmo. Os níveis de abstracção têm a finalidade de separar a complexa

estruturação do sistema em diferentes partes, o que implica a diminuição da dificuldade na fase de realização.

De acordo com os mesmos autores, H. Korth e A. Silberschatz, a eficiência de um SGBD depende da representação dos dados, pois as desvantagens apresentadas pelos Sistemas de Base de Dados têm de ser ultrapassadas pelos programadores, o que implica uma estrutura de dados complexa, mas, como a maioria dos utilizadores de SGBD não têm conhecimentos aprofundados dos sistemas informáticos, a complexidade inerente da estruturação dos dados não precisa ser apresentada ao utilizador.

Para “esconder” a complexidade da estruturação dos dados são definidos três níveis de abstracção: **Nível Físico** (*Physical Level*), **Nível Conceptual** (*Conceptual Level*) e **Nível Vista** (*View Level*). Ao nível conceptual por vezes é utilizada a designação nível lógico e ao nível vista é usada a terminologia nível externo (vid. fig. 2.1).

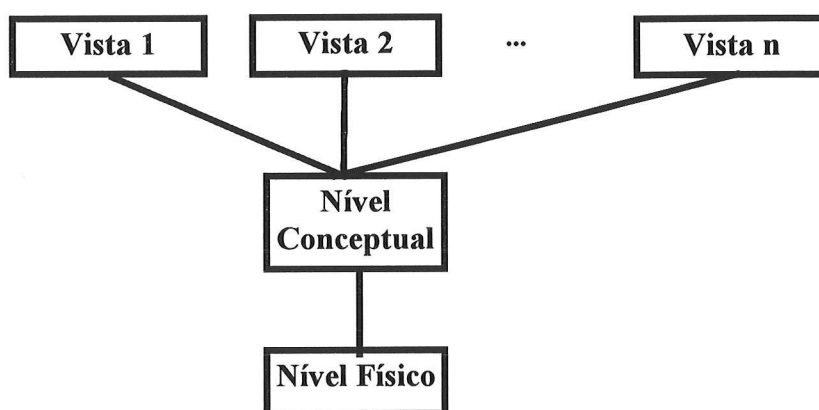


Figura 2.1 - Níveis de Abstracção²

No **nível físico**, é descrito como os dados são armazenados. É neste nível que é apresentada a complexidade das estruturas de dados, a qual deve ser apenas conhecida do programador.

No **nível conceptual**, é descrito como os dados deverão ser armazenados na Base de Dados e a relação que existe entre os dados.

No **nível vista**, é descrita apenas uma parte de toda a Base de Dados, pois determinada informação não tem interesse para determinados utilizadores. A construção de uma

²Fonte: Korth, 1986: 5

Vista permite a diminuição da complexidade da estrutura dos dados e a simplificação da interacção entre os utilizadores e o sistema. Cada **Vista** apenas apresenta a informação útil para um determinado utilizador, o resto da informação de uma tabela, as outras tabelas, e a complexidade da estrutura de dados encontram-se completamente invisíveis.

De acordo com alguns autores (por exemplo, Carapuça, 1993), os SGBD são caracterizados por três factores extremamente importantes: a **independência**, a **redundância** e a **persistência** dos dados.

- A **independência dos dados** é definida como a separação entre a Base de Dados Física (conjunto de ficheiros armazenados em disco - **nível físico**) e a Base de Dados Lógica (representação abstracta dos dados - **nível conceptual**), no sentido de possibilitar a manipulação desta última sem requerer um conhecimento sobre a organização da primeira (Carapuça, 1993: IV.2).
- A **redundância dos dados**, aparece quando as tabelas são definidas de forma desorganizada e os dados ficam duplicados ou numa localização confusa (tabela).
- Os **dados persistentes** são dados característicos de determinado sistema, que no seu conjunto diferem de todos os outros sistemas (unicidade do sistema).

Para garantir que os três factores, acima apresentados, se encontram presentes num SGBD é necessário que a definição do **modelos de dados** seja completa e correcta.

2.2.3 - Modelos de Dados

Representar de forma adequada uma situação real num sistema informático, por exemplo uma actividade económica ou a descrição de infra-estruturas é a dificuldade fundamental na criação de uma Base de Dados. Os dados têm de ser codificados e organizados, para descrever logicamente os objectos e as relações entre eles, estas operações são designadas por **modelação dos dados**.

A modelação de dados tem como principal objectivo a separação entre a estrutura física (**nível físico**) e a estrutura lógica (**nível conceptual**), limitando assim a redundância dos dados.

Um modelo de dados pode ser definido como uma colecção de **ferramentas conceptuais** para descrição dos dados, das relações, da semântica e das limitações.

Actualmente, são considerados os três modelos seguintes como os mais relevantes:

- **Modelo relacional**, os dados e os relacionamentos entre si são representados por uma colecção de tabelas de dupla entrada (colunas e linhas). Cada **coluna** define os **campos**, que identificam cada tipo de informação presente em cada tabela, e cada **linha** define um **registo**, identificando o conjunto de dados associado a determinado elemento (exemplo: pessoa, lugar, etc.). O relacionamento entre os dados, presente nas várias tabelas, é estabelecido entre campos comuns às tabelas ou entre índices (ordenação da tabela por determinado campo). Este modelo apresenta uma estrutura de dados flexível e uma realização simples (vid. fig. 2.2).

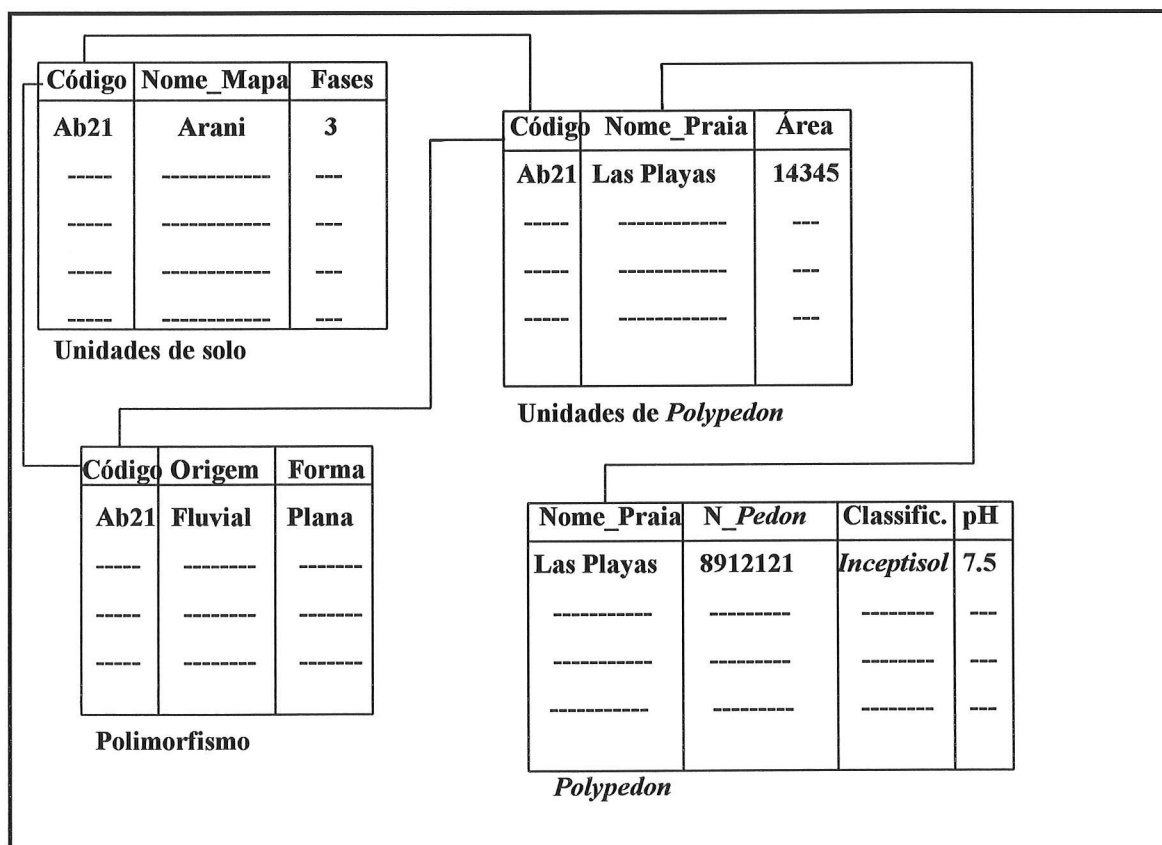


Figura 2.2 - Modelo Relacional³

³Fonte: Meijerink, 1994: 25

- **Modelo hierárquico** tem por base o estabelecimento de níveis (hierarquias) entre os diferentes campos de informação de um determinado registo. Os registos são organizados como uma colecção de árvores. Para aceder a determinada informação é necessário percorrer toda a árvore. Este modelo apresenta uma estrutura de informação muito rígida e a consulta de determinado dado pode levar muito tempo (vid. fig. 2.3).

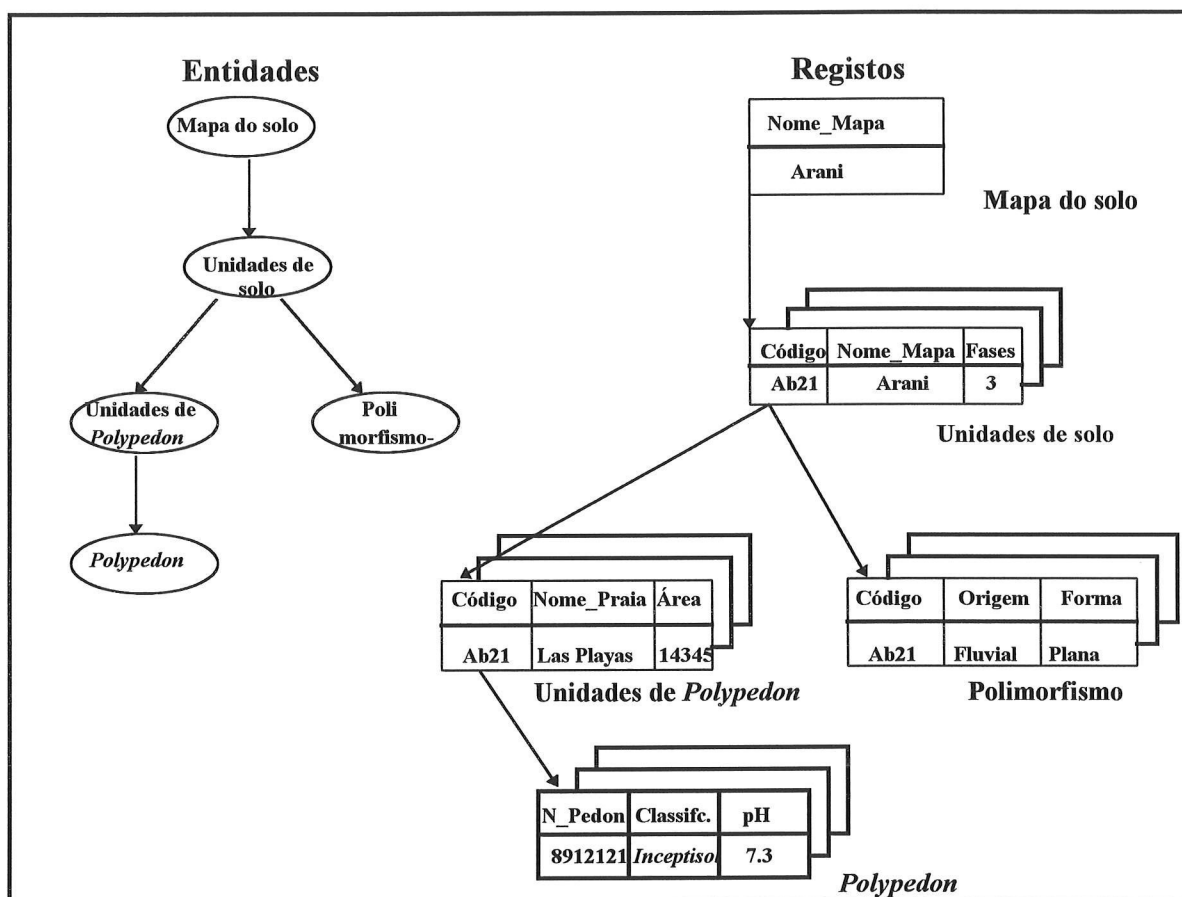


Figura 2.3 -Modelo Hierárquico⁴

- **Modelo em rede**, os dados são representados por colecções de registos e as relações entre os dados são representadas por *links* (apontadores para). Neste modelo, o relacionamento entre os dados é mais flexível, pois um determinado elemento para além de estar ligado a um elemento do nível superior também pode estar ligado a um elemento de nível inferior. Este modelo em relação ao Hierárquico apresenta uma estrutura da informação mais flexível, mas a sua realização é muito mais complexa (vid. fig. 2.4). É interessante notar que é esta

⁴Fonte: Meijerink, 1994: 23

a organização adoptada na *Web* (WWW), fundamentalmente devido à flexibilidade que lhe é inerente.

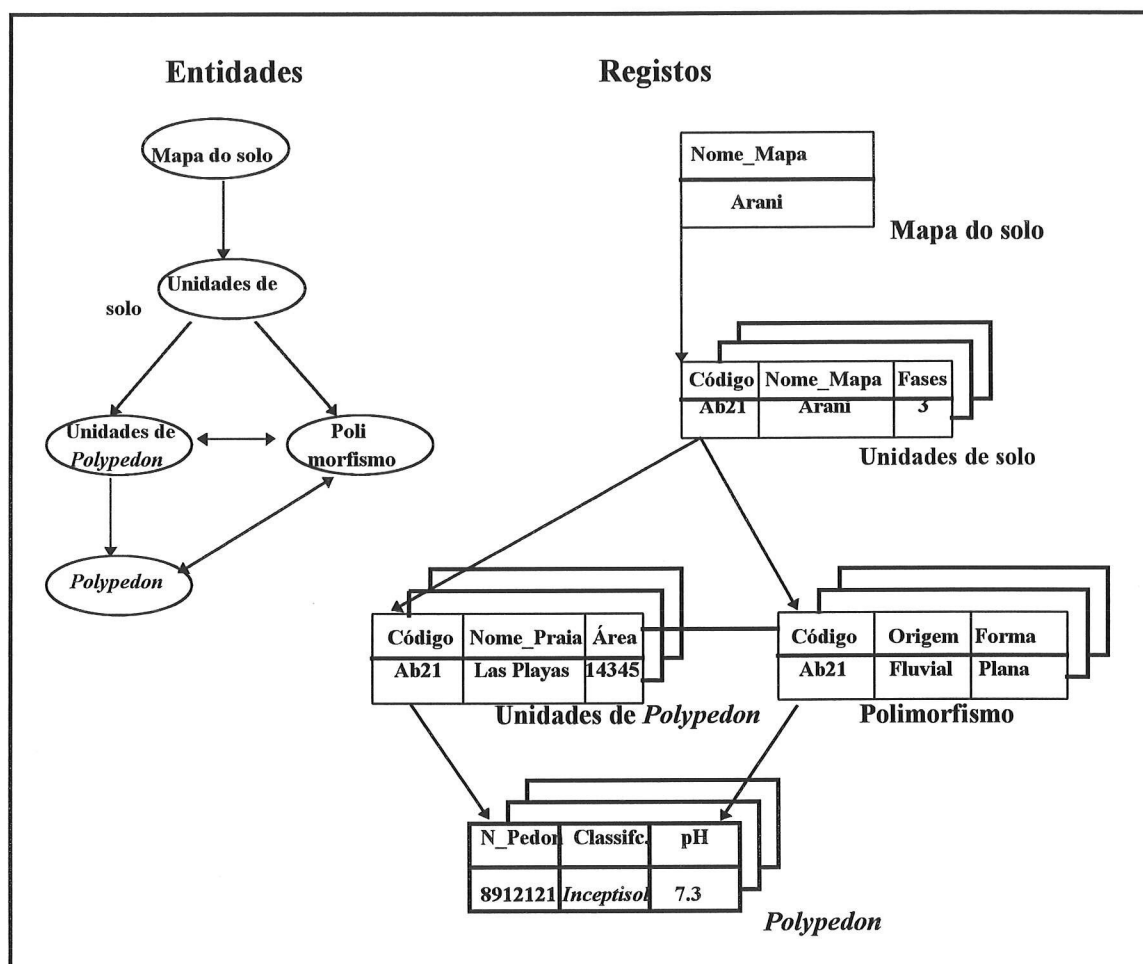


Figura 2.4 Modelo em Rede⁵

Actualmente, está a ser considerado um novo modelo de dados, designado por **Modelo de Dados Orientado para Objectos**. É usado para descrever os dados ao nível **conceptual** e ao nível **vista**. É caracterizado por apresentar uma capacidade de estruturação flexível bem como permitir a especificação explícita de restrição de dados. Aplicado a este modelo estão associados termos técnicos, tais como: objectos, classe, método, herança, polimorfismo, e passagem de mensagens; cuja definição será apresentada sucintamente.

⁵Fonte: Meijerink, 1994: 24

- O termo **objecto**, numa linguagem de programação, refere-se a duas características do sistema: a um conjunto de **variáveis** (cujos valores representam o estado do sistema) as quais não são acessíveis directamente; e a um **conjunto de procedimentos** associados a este conjunto de variáveis, também designados por métodos. Todas as características do objecto são codificadas internamente (**encapsulamento**) e para alterar o estado das variáveis é necessário enviar mensagens com os dados pretendidos. Podemos concluir, que um objecto agrupa ao mesmo tempo, as variáveis tradicionais e os procedimentos associados às mesmas.
- **Classe de objecto** é a designação usada para identificar o **tipo do objecto**. Por exemplo, vários registos com dados pertencentes a determinadas pessoas podem ser considerados objectos, mas, todos representam o mesmo tipo de informação. Os **métodos** associados a um objecto são os procedimentos que permitem gerir o seu estado. Para alterar o estado do objecto, uma vez que não é possível aceder directamente, é necessário enviar os novos valores através de **mensagens**, as quais accionam os métodos do objecto para efectuar a referida gestão (actualização do valor das variáveis). Como as variáveis e os métodos se encontram dentro de um objecto (**encapsulamento**), é possível efectuar alterações no código sem afectar o objecto e vice-versa.
- Outras características muito importantes de um sistema orientado a objectos, é a habilidade de uma variável referir-se ao mesmo tempo a objectos de diferentes tipos (**polimorfismo**), e permitir a definição de novos objectos em termos de outros já existentes (**herança**).

Após, a apresentação dos modelo de dados e das suas características foi escolhido o Modelo Relacional para o SGBD.

2.2.4 - Sistemas de Gestão de Base de Dados Relacionais

Uma Base de Dados é composta por uma colecção de tabelas que caracterizam um sistema no mundo real. Pode ser definida como uma colecção de relações normalizadas (entidades) definidas numa colecção de domínios.

Uma tabela, corresponde a um ficheiro de dados, e é composta por duas entradas: as colunas identificam os atributos ou campos (diferentes tipos de informação armazenados na tabela) e as linhas as entidades ou os registos (grupo de dados relacionado entre si, isto é, pertencentes a uma pessoa, produto ou local). Por exemplo, associados a uma determinada empresa, encontram-se associadas várias tabelas de dados, tais como funcionários, clientes ou produtos.

Uma Base de Dados Relacional é composta por várias tabelas, cada uma identificada por um nome único. Cada conjunto de entidades e cada conjunto de associações, é representado por uma tabela. Uma tabela terá um número de colunas igual ao dos atributos a representar e um número de linhas igual ao número de elementos que compõem o conjunto das entidades (vid. fig. 2.5).

Para desenvolver um SGBDR, é essencial definir em primeiro lugar as Bases de Dados, identificar quais os elementos (objectos) a representar, as suas características e as suas propriedades.

Cada conjunto de objectos de determinado tipo (entidade ou tuplo⁶), será armazenado numa tabela distinta. Como exemplo para entidades, podemos apresentar pessoas, cidades, campos de golfe, etc.

Para cada entidade a representar, existe um conjunto de informações a recolher. A informação deverá estar organizada pelos diferentes tipos que caracterizam a entidade (**atributos**). Cada atributo implica a existência de uma coluna na tabela, e tem associado um **domínio**, isto é, valores que têm significado para o seu conteúdo (tal como o conceito matemático). É através do domínio que pode ser feita a **validação** do conteúdo de uma tabela, verificando se os valores (qualitativos ou quantitativos) contidos nos atributos pertencem ao respectivo domínio.

Ao conjunto de informações associadas entre si, que caracterizam determinado elemento, é designado por **ocorrências** ou **instâncias**, e constituem um registo numa tabela (Carapuça, 1993: II.4).

⁶ Na língua inglesa, por vezes é usado o termo *Tuple*.

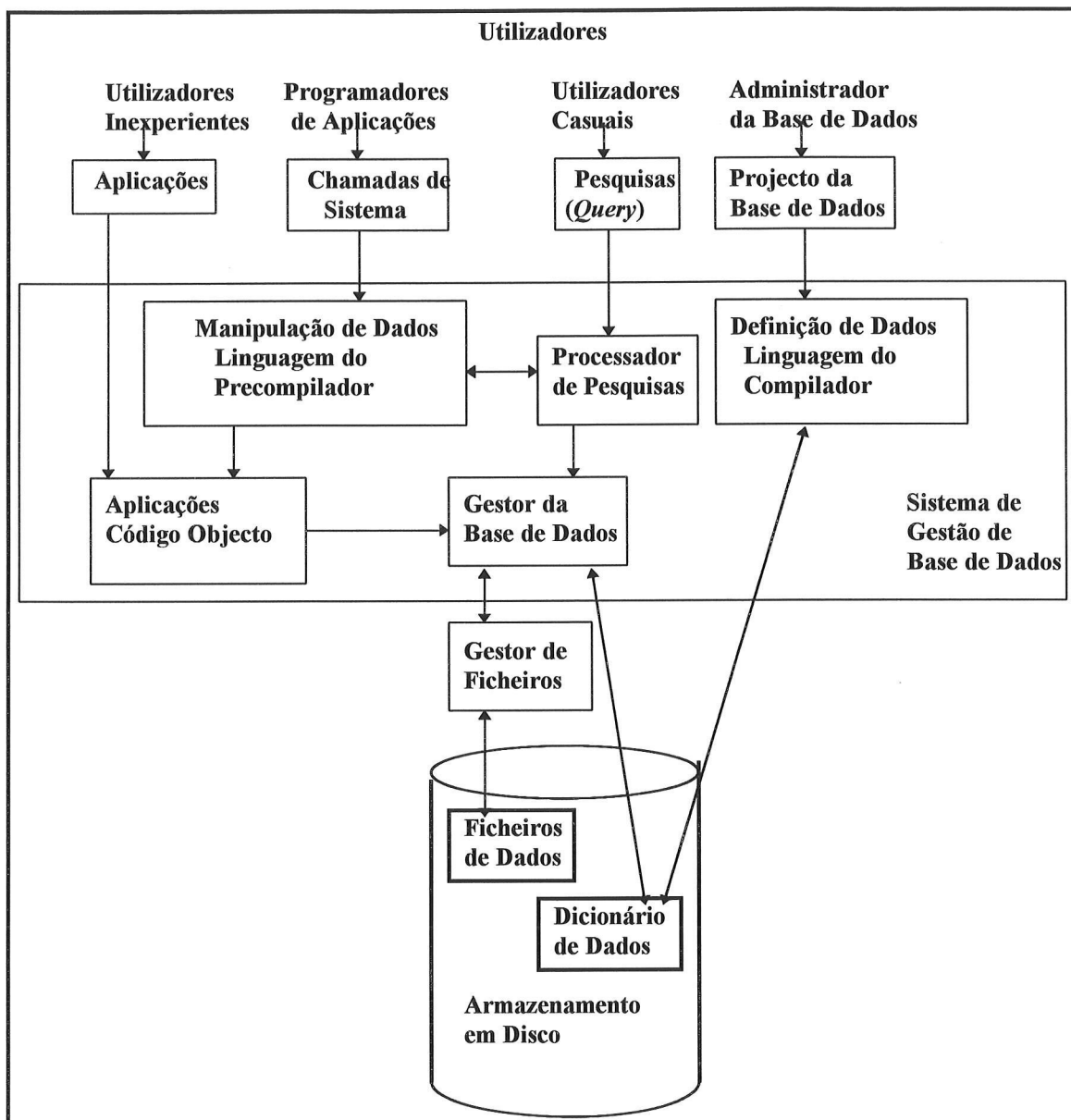


Figura 2.5 - Estrutura de um Sistema de Gestão de Base de Dados Relacional⁷

Entre diferentes entidades é possível estabelecer uma **associação**, através da ligação entre os registos de uma tabela e os registos de outra. Esta ligação é efectuada por um campo comum nas tabelas ou por um campo de índice. Estes relacionamentos podem ter várias correspondências de 1:1, 1:n e de n:m:

- Associação de **1:1**. Uma cidade (entidade A) apenas pode estar associada a uma Câmara Municipal (entidade B).

⁷Fonte: Korth, 1986: 17

- Associação de **1:n**. Uma cidade (entidade A1) tem várias entidades bancárias (entidade B1, B2,...,Bn).
- Associação de **n:m**. Vários concelhos (entidade C1, C2,...,Cn) estão associados várias entidades bancárias (entidade B1,B2,...,Bm).

Uma tabela, ao ser definida, não apresenta uma ordenação das entidades por determinado atributo. Mas, para facilitar a consulta são construídos **índices**, como os catálogos numa biblioteca, que indicam ao utilizador onde estão localizadas as entidades pretendidas. Um índice permite que o acesso a determinado registo seja efectuado directamente, caso contrário o acesso ao referido registo teria de ser efectuado sequencialmente, isto é, toda a tabela seria percorrida até o encontrar.

Se uma **tabela contiver um índice associado**, todas as sua entidades são apresentadas de forma ordenada pelo atributo especificado na construção do índice. Com um índice, não é necessário efectuar uma ordenação da Base de Dados, pois implicaria uma perda de tempo e de espaço para o ficheiro auxiliar usado na ordenação. O ficheiro do índice contém informações sobre a localização das entidades na tabela e sobre a ordem pela qual devem ser apresentadas (através do uso de ponteiros para o próximo registo a ser visualizado).

Numa Base de Dados, podem ser definidos vários índices de visualização de registos, em cada momento apenas um índice está activo, designado por **índice primário**, os outros índices são designados por **índices secundários**. Regra geral, o atributo utilizado para a construção do índice primário é o mesmo que o utilizado na construção da chave primária.

Segundos autores H. Korth e A. Silberschatz (Korth, 1986: 514), para que um Sistema de Gestão de Base de Dados seja relacional é necessário que:

- os dados sejam armazenados em tabelas,
- nenhum ponteiro ou ligação seja visível para o utilizador,
- a linguagem de consulta seja relacional e completa,
- as consultas possam ser especificadas sem o uso de iteração ou recursividade.

Após a escolha do modelo de dados e para efectuar a concepção de uma aplicação associada a um SGBD, é necessário definir os modelos conceptuais associados ao respectivo modelo.

2.2.5 - Concepção de uma Aplicação associada a um SGBD

Na concepção de uma aplicação associada a um SGBD, os programadores devem recorrer às teorias presentes no **Modelo Entidades-Associações**, no **Dicionário de Dados** e no **Diagrama de Transição de Estados** (écrans); para definir todos os elementos que caracterizam o sistema em termos de dados, associações e comportamentos.

2.2.5.1 - Modelo Entidades-Associações

O modelo Entidades-Associações (Korth, 1986: 6), é baseado numa percepção do mundo real, de acordo com a qual existe uma colecção de objectos básicos, designados por “entidades”, e “associações” entre eles.

De acordo com o autor Edward Yourdon (Yourdon, 1989: 235) Este modelo é composto por:

- **Tipos de Objectos**⁸, identificam uma colecção ou um conjunto de objectos no mundo real (**entidades**).
- **Relações ou Associações**⁹, unem os vários objectos uns aos outros conforme o relacionamento entre os mesmos.
- **Atributos**¹⁰, identificam as características de cada entidade, também são designados por campos.
- **Indicadores Associados**¹¹, identificam quais os atributos que afectam determinada entidade ou associação.

⁸ Representados por um rectângulo. Quando uma entidade é representada por um duplo rectângulo, significa que é uma entidade fraca (está dependente de dados presentes noutras tabelas).

⁹ Representadas por um losango.

¹⁰ Representados por uma elipse. Quando um atributo é representado por uma dupla elipse, significa que é chave primária da tabela que o contém.

¹¹ Representados por uma linha.

Um sistema que efectua a gestão da matrícula de todos os alunos de uma Universidade pelos seus cursos, pode ser descrito pelo Modelo de Entidades-Associações apresentado na figura 2.6, sendo constituído por três entidades: cursos, alunos e moradas, a associação entre as entidades e respectivos atributos.

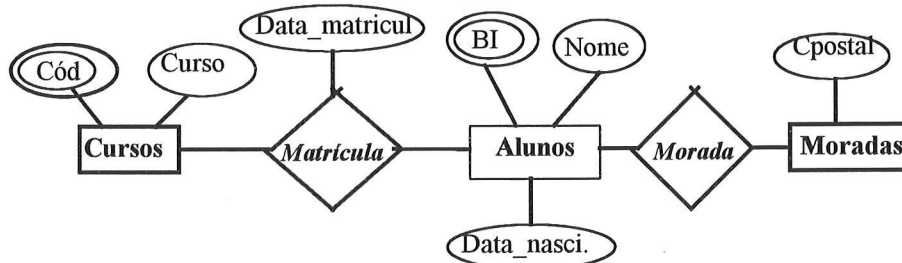


Figura 2.6 - Exemplo de um Modelo Entidades-Associações

Cada **entidade** representa um determinado elemento no mundo real, por exemplo, pessoa, cidade ou produto. Um conjunto de entidades representa todos os elementos do mesmo tipo, constituindo uma tabela de dados, podendo ser independentes uns dos outros, por exemplo, uma determinada pessoa pode ser funcionária numa empresa e sócia num clube desportivo.

Uma entidade é composta por vários atributos. Cada atributo apresenta um **domínio** diferente, isto é, o conjunto de valores que têm significado como conteúdo do mesmo, por exemplo, um atributo “cidade”, pode ter como domínio o conjunto de cidades de determinada região.

Uma **associação** é o relacionamento que existe entre as várias entidades, um conjunto de associações é um grupo de relacionamentos do mesmo tipo, o qual pode ser apresentado pela seguinte relação matemática (Korth, 1986: 25):

- Seja $n \geq 2$ conjuntos de entidades,
e E_1, E_2, \dots, E_n conjuntos de entidades, então um conjunto de relacionamentos R é um subconjunto de:

$$\{(e_1, e_2, \dots, e_n) \mid e_1 \in E_1, e_2 \in E_2, \dots, e_n \in E_n\}$$

onde (e_1, e_2, \dots, e_n) é um relacionamento.

A distinção entre entidades e associações é feita através de **chaves primárias**, que são definidas para cada conjunto de entidades em termos de um ou mais atributos específicos, permitindo a identificação de uma única entidade no conjunto das entidades.

Na definição de um Sistema de Gestão de Base de Dados é conveniente minimizar a redundância dos dados e eliminar as ambiguidades entre estes. Para que uma Base de Dados apresente as características anteriores é utilizado um conjunto de regras aplicadas às associações entre as entidades designado por **Normalização**.

Para normalizar um Sistema de Base de Dados, as tabelas são divididas de forma que a redundância seja mínima, seguindo-se a aplicação das regras seguintes:

- **Primeira Forma Normal (1FN):** Remover os grupos que se encontram repetidos na associação, isto é, são removidos os atributos elementares que podem ocorrer com vários valores associados a um único valor da chave primária.
- **Segunda Forma Normal (2FN):** Remover as dependências da chave parcial, isto é, só e só se cada atributo que não pertence a uma chave é dependente da chave primária.
- **Terceira Forma Normal (3FN):** Aplicar o maior grau de independência entre dois atributos de uma associação, isto é, a 2FN e os atributos que não constituem nenhuma chave são independentes.

O processo de normalização deve ser efectuado seguindo as regras acima apresentadas. Por exemplo, supondo o sistema referido anteriormente, que efectua a gestão da matrícula de todos os alunos de uma Universidade pelos seus cursos, e apresentado na seguinte tabela:

Cód	Curso	BI	Nome	Morada	Data_nasci.	Data_matricula
C1	E. Informática	58589	João Silva	8000 FARO	15/05/72	08/10/96
C2	E. Electrotécnica	14146	Diogo Leal	1000 LISBOA	06/04/73	09/10/96
C2	E. Electrotécnica	78521	Sara Pascoal	1000 LISBOA	06/06/74	10/10/96

Por aplicação da 1FN obtém-se:

Cód	Curso
C1	E. Informática
C2	E. Electrotécnica

Cód	BI	Nome	Morada	Data_nasci.	Data_matricula
C1	58589	João Silva	8000 FARO	15/05/72	08/10/96
C2	14146	Diogo Leal	1000 LISBOA	06/04/73	09/10/96
C2	78521	Sara Pascoal	1000 LISBOA	06/06/74	10/10/96

A segunda tabela apresenta o atributo “Data_matricula” depende apenas de uma parte da chave primária, por aplicação da 2FN obtém-se:

Cód	Curso
C1	E. Informática
C2	E. Electrotécnica

BI	Nome	Morada	Data_nasci.
58589	João Silva	8000 FARO	15/05/72
14146	Diogo Leal	1000 LISBOA	06/04/73
78521	Sara Pascoal	1000 LISBOA	06/06/74

Cód	BI	Data_matricula
C1	58589	08/10/96
C2	14146	09/10/96
C2	78521	10/10/96

À entidade “alunos” é possível aplicar uma maior independência ao atributo “morada” por aplicação da 3FN obtém-se:

Cód	Curso
C1	E. Informática
C2	E. Electrotécnica

BI	Nome	Cpostal	Data_nasci.
58589	João Silva	8000	15/05/72
14146	Diogo Leal	1000	06/04/73
78521	Sara Pascoal	1000	06/06/74

Cód	BI	Data_matricula
C1	58589	08/10/96
C2	14146	09/10/96
C2	78521	10/10/96

Cpostal	Morada
8000	8000 FARO
1000	1000 LISBOA
1000	1000 LISBOA

Figura 2.7 - Exemplo de Tabelas Normalizadas

Após a aplicação das regras acima apresentadas, as tabelas encontrar-se-ão normalizadas, garantido que a informação não será armazenada de forma redundante. O Modelo Entidades-Associações apresentado no exemplo (vid. fig. 2.6) representa os dados presentes nas tabelas normalizadas do exemplo (vid. fig. 2.7).

Estando o Modelo Entidades-Associações definido é então possível efectuar uma definição de todos os elementos que caracterizam o sistema e desenhar o **Dicionário de Dados**.

2.2.5.2 - Dicionário de Dados

O **Dicionário de Dados** é uma lista organizada de todos os dados que são pertinentes para o sistema, definidos de forma precisa e rigorosa para ser possível ao utilizador e programador, compreender todos os dados armazenados, todas as entradas e saídas do sistema, e os cálculos a efectuar sobre os dados.

O **Dicionário de Dados** define as características dos dados através de:

- Descrição do fluxo e armazenamento dos dados,
- Descrição de cada entidade,
- Descrição dos atributos que compõem cada entidade,
- Especificação dos valores relevantes e unidades dos atributos elementares,
- Descrição das associações e entidades.

Todos os elementos que compõem o **Dicionário de Dados** têm, em conjunto, a finalidade de diminuir a complexidade da dinâmica de um sistema, traduzem a complexidade em termos de simples elementos de dados, definindo-os através de símbolos, tipos e valores.

- A **simbologia** utilizada para definir um dicionário de dados, recorre aos seguintes símbolos (Yourdon, 1989: 191):

=	é composto por
+	e
()	opcional (pode ou não estar presente)
{ }	interacção

[]	seleccionar uma das escolhas alternativas
**	comentário
@	identifica a chave primária numa tabela
	separa escolhas alternativas

A construção do Dicionário de Dados, é uma tarefa fastidiosa e morosa, mas permite ao programador construir um SGBD eficiente e preciso, cuja realização é efectuada de forma mais fácil e mais rápida.

Na concepção de uma aplicação associada a um SGBD, devem ser apresentados os dados associados ao sistema e a estrutura de armazenamento na Base de Dados, sem esquecer a especificação do comportamento do programa, o **Diagrama de Transição de Estados**.

2.2.5.3 - Diagrama de Transição de Estados

O **Diagrama de Transição de Estados** define o comportamento da aplicação associada ao SGBD, apresentando todas as tarefas que são possíveis realizar através da sua execução. Esta designação é utilizada em sistemas cujo comportamento depende do tempo (sistemas em tempo real), e pode ser utilizada para modelar a dinâmica de apresentação de écrans¹² ao utilizador. O **Instrumento de Interacção Homem/Máquina**¹³ (IIHM) é uma componente que não deve ser descuidada, porque é sobre a mesma que o utilizador terá acesso e onde utilizará as operações definidas no sistema.

Uma aplicação associada a um SGBD pode ser caracterizada por um Modelo Entidades-Associações bem elaborado e por um Dicionário de Dados completo, mas se a sua dinâmica é confusa e pouco coerente, o seu “tempo de vida” será curto.

As convenções utilizadas para definir um diagrama de estados são (Yourdon, 1989: 260):

- Um **rectângulo** representa um comportamento do sistema (formulário),

¹² **Écrans** é um termo de carácter geral, utilizado para referir os dois tipos de formulários, os que apresentam comandos ao utilizador e os formulários propriamente ditos.

¹³ O Instrumento de Interacção Homem/máquina também é designado por **Interface** da aplicação.

- Uma **seta** representa uma alteração no seu comportamento.

A construção de um Diagrama de Transição de Estados de um sistema, implica identificar todos os possíveis comportamentos e definir todas as possíveis transições de estado.

Estes dois objectivos são realizados à custa da identificação dos seguintes elementos:

- Os dispositivos e as formas como deverão ser inseridos ou obtidos os dados,
- O formato pretendido para os dados de entrada e de saída,
- Os elementos que constituem a apresentação de cada écran,
- E os códigos utilizados na entrada e saída de dados.

Na presente Dissertação, as teorias inerentes ao Diagrama de Transição de Estados serão usadas para definir o comportamento computacional do sistema em termos da hierarquia de écrans apresentados no Instrumento de Interação Homem/Máquina (janelas).

No entanto, em alguns dos écrans definidos e para definir o comportamento computacional de uma aplicação associada a um SGBD, é necessário a existência de uma linguagem de programação que efectue acessos, manipulação e gestão dos dados presentes na Base de Dados.

2.2.6 - SQL (*Structured Query Language*)

O SQL é uma linguagem de programação normalizada para definir, aceder, manipular e controlar Base de Dados Relacionais, apresenta facilidades na definição da estrutura de dados e na modificação dos atributos, e permite especificar limitações de segurança.

Os **comandos do SQL** são frequentemente divididos em três categorias, que permitem a manipulação dos dados presentes na Base de Dados:

- *Data Definition Language* (DDL) para criar, manter ou eliminar tabelas das Bases de Dados,
- *Data Manipulation Language* (DML) para pesquisar e apresentar dados,
- *Data Control Language* (DCL) para controlar os acessos à Base de Dados e o os acessos aos dados.

Cada expressão em SQL, apresenta uma estrutura básica, constituída por três componentes: *select*, *from*, e *where*.

- *Select* - usada para apresentar, como resultado de uma pesquisa, o conteúdo dos atributos indicados;
- *From* - para definir as relações entre os atributos a serem usados na pesquisa;
- *Where* - para especificar determinado conteúdo para o atributo a ser considerado como critério de selecção de entidades.

Para além destas componentes, a linguagem SQL, permite ao programador efectuar a gestão de um SGBD, possibilitando efectuar cálculos matemáticos e estatísticos (*avg*, *min*), ordenações (*order by*), agrupamentos (*group by*) de conjuntos de entidades, eliminação, actualização e inserção de entidades de uma tabela (*delete*, *update* e *insert*).

As designações “Sistemas de informação” e “Sistema de Gestão de Base de Dados”, apresentam um carácter muito genérico, pois a informação associada poderá ser de diversas categorias. Se houver a especificação da categoria da informação a armazenar, as designações passarão a ser mais específicas. Por exemplo, se a categoria da informação associada é referente a dados geográficos, as designações destes sistemas serão “Sistema de Informação Geográfica” e “Sistemas de Informação de Base de Dados Espaciais”.

2.3 - Os Sistemas de Informação Geográfica

Os **Sistemas de Informação Geográfica (SIG)** são o conjunto de dados, geo-referenciados, que traduzem a realidade sob múltiplos aspectos, entre os quais informação geográfica, sócio-económica e física. A informação geográfica física apresenta-se de duas formas, cartográfica (ou gráfica) e alfanumérica. A forma **cartográfica** refere-se à informação qualitativa e espacial. A forma **alfanumérica** refere-se à informação descritiva ou de atributos, relativa aos objectos cartografados.

A informação geográfica está associada a dois tipos de informação relacionada entre si, a **informação cartográfica e a informação alfanumérica**. Um sistema pode ser descrito como um conjunto de entidades e de actividades relacionadas entre si de forma a obter um objectivo comum. Como sistema podemos considerar uma empresa, na qual existe

vários conjunto de entidades: funcionários, clientes e produtos, que interagem entre si para atingir um objectivo comum.

Consoante o tipo de informação tratada no Sistema de Informação, assim a sua designação. Os **Sistema de Informação Geográfica** são caracterizados por armazenar, gerir e manipular informação espacial (geográfica e alfanumérica), e pela inclusão de operações que suportam a análise espacial.

De acordo com os autores Michael F. Goodchild e Karen K. Kemp, a relevância dos SIGs reside nos seguintes factores (Goodchild, 1990: 1-4):

- um único sistema integra informação espacial e outros tipos de informação,
- ao colocar-se mapas e ou outros tipos de informação na forma digital, o SIG permite a manipulação e apresentação de conhecimentos geográficos de modos novos e apelativos,
- os SIG permite o acesso a informações administrativas (identificação de proprietários, de impostos), através das suas localizações geográficas,
- relaciona diferentes actividades através da proximidade geográfica (estabelecendo um relacionamento entre a localização de uma lixeira e de uma escola).

Os Sistema de Informação Geográfica resultam da convergência de conceitos e de técnicas presentes em várias disciplinas:

- A **Geografia** apresenta uma longa tradição na análise de dados espaciais, e providencia técnicas de análise e uma perspectiva espacial, para a investigação e compreensão do mundo e da localização dos seres vivos no mesmo.
- A **Cartografia** é presentemente uma das fontes principais de dados para os SIGs, providencia métodos para a representação digital, para a manipulação de características e métodos de visualização de informação espacial.
- A **Detecção Remota** é outra fonte de dados para os SIGs, as imagens obtidas a partir de satélites ou de aviões são essenciais para as Bases de Dados Espaciais. Esta disciplina trata ainda técnicas para aquisição e processamento de dados em qualquer lugar do globo a um baixo custo.

- A **Informática** providencia *software* e técnicas para aquisição, manipulação e representação de dados (inclusive a 3D - CAD - *Computer Aided Design*); os Sistemas de Bases de Dados contribuem com métodos para a representação de dados na forma digital, procedimentos para a concepção de sistemas e manipulação de grandes volumes de dados; a Inteligência Artificial usa o computador para efectuar tomadas de decisão baseadas no conhecimento dos dados disponíveis; a Computação Gráfica providencia *software* e *hardware* para a manipulação e representação de objectos gráficos.
- Para além destas disciplinas, podemos incluir outras e algumas das suas teorias características, a **Matemática** - Geometria e a Teoria dos Grafos, a **Engenharia Civil** - Desenvolvimentos Urbanos, a **Geodésia**, a **Estatística**, entre muitas outras.

Os SIGs , também podem ser vistos como um conjunto de subsistemas relacionados entre si: Sistema de Processamento de Dados, Sistema de Análise de Dados, Sistema de Informação e o Sistema de Gestão (Goodchild, 1990: 1-7).

A Revista *Fortuna*¹⁴, do mês de Novembro de 1995, inclui uma apresentação dos SIGs e acrescenta que:

“

Existem várias definições de Sistemas de Informação Geográfica. Estas definições variam com a experiência de SIG, as aplicações e as necessidades do utilizador. Existe portanto uma tendência para confundir o SIG com outros sistemas com capacidade para representar mapas em suporte digital:

- **CAD /CADD - *Computer Aided Design/Drafting*** - Ferramentas para o desenho assistido nas áreas de engenharia, que possuem algumas ligações a Bases de Dados externas, utilizando relações topológicas simples e alguma capacidade de análise.
- **Cartografia Digital** - Consiste na recuperação, classificação e simbolização automática de cartografia, sendo dada ênfase à apresentação gráfica, não incluindo informação topológica.

¹⁴ Disquete de demonstração.

- **RDBMS, Sistemas de Gestão de Bases de Dados Relacionais** - Sistemas especializados no armazenamento, ordenação e recuperação de dados alfanuméricos, tendo capacidade gráfica reduzida ou inexistente.
- **Detecção Remota** - A aquisição, armazenamento, manipulação e visualização de dados gráficos de formato *raster*, com reduzida capacidade para manipulação de dados vectoriais e indexação de atributos.
- **AM/FM - Automated Mapping/Facilities Management** - Sistema de gestão de elementos do património, geograficamente dispersos, tais como redes de infra-estruturas públicas.

”Outra definição para os SIGs é apresentada pelo Centro Nacional de Informação Geográfica (CNIG), “A informação associada a cada elemento gráfico tem quatro características fundamentais: a sua posição geográfica; os seus atributos; as suas relações espaciais com os outros elementos e o intervalo do tempo de referência.”¹⁵

Para o autor S. Aronoff (Aronoff, 1989), os SIGs podem ser definidos como “sistemas computacionais usados para armazenar e manipular informação geográfica. São sistemas concebidos para recolher, armazenar e analisar objectos e fenómenos com relação aos quais a localização geográfica é uma característica importante ou mesmo essencial para o problema em estudo.”

Os Sistemas de Informação Geográfica são constituídos por quatro subsistemas funcionais: aquisição e processamento de dados; gestão e armazenamento de dados; manipulação e análise de dados e produção de resultados.

- **A aquisição e processamento de dados** possibilitam a obtenção de dados provenientes de outros SIGs ou de sistemas CAD, conforme a formato dos dados originais assim a conversão e verificação a ser efectuada para o armazenamento na Base de Dados Georeferenciada.
- **A gestão e armazenamento de dados** garante uma reduzida redundância de dados, a integridade e qualidade de dados, e impõe restrições de segurança.
- **A manipulação e análise de dados** dão resposta a questões do género: “onde está localizado ?, qual a distribuição de ?, o que se modificou?”

¹⁵ Fonte: Manual para a Exploração de Sistemas de Informação Geográfica em Portugal, 1994: 79

- A **produção de resultados** apresenta visualmente os dados produzidos, o que permite uma fácil compreensão dos resultados.

Para o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica, os dados têm de ser codificados e organizados, descrevendo logicamente os objectos e as relações entre eles. A estas operações é atribuída a designação de “**Modelação dos dados**”.

2.3.1 - Modelos de dados espaciais

Os **dados espaciais** têm de ser reduzidos a unidades finitas (atributos) e aos relacionamentos entre si, para que seja possível a sua organização e gestão em Bases de Dados Espaciais. Os dados espaciais são geométricos e variam na sua forma, podendo ser constituídos por pontos, linhas, áreas e superfícies.

A constituição dos dados geográficos é caracterizada, fundamentalmente, por três componentes: **posição geográfica, propriedades e tempo**.

- A **posição geográfica** refere-se às coordenadas da posição onde determinado objecto se encontra. Pode ser considerada de duas formas: **absoluta** - apresenta as coordenadas X,Y,Z da localização do objecto; **relativa** - apresenta a posição de um objecto relativamente à localização de um outro.
- As **propriedades ou os atributos**, são os dados não espaciais associados aos Sistemas de Informação Geográfica.
- O **tempo** é um factor crítico, podendo identificar dos dados, o tempo de recolha e discretização dos dados e o intervalo em que certos dados foram recolhidos (ex: marés).

Para efectuar a modelação de dados espaciais presentes num Sistema de Informação Geográfica, são considerados dois modelos de dados: **Raster e Vectorial**.

2.3.1.1 - Modelo Raster

A estrutura mais simples para a modelação de dados espaciais é através do modelo *Raster*. Apresenta uma unidade base, designada por célula ou quadrícula, para cada uma das entidades que são explicitamente armazenadas (Meijerink, 1994: 28) (vid. fig. 2.8).

Cada célula num ficheiro *Raster*, tem apenas um valor, sendo os diferentes atributos armazenados em ficheiros separados. A dimensão da célula é muitas vezes confundida com a unidade mínima de mapeamento (o mais pequeno elemento que pode ser representado em separado). Enquanto uma célula representa uma área de superfície terrestre, a unidade mínima de mapeamento é formada por uma ou mais células. Quanto mais pequena for a parcela de terreno que a célula representa maior é a resolução dos dados, e consequentemente a dimensão dos ficheiros de armazenamento.

Quando a informação ocupa um espaço muito grande, o modelo *Raster* é adequado à execução de vários processos de compactação de imagem: o *Run-Lenght-Encoding* (as células são ordenadas por linhas) e o *Quadtree* (baseado na subdivisão sucessiva do quadrado da imagem em quatro quadrantes iguais; a informação é armazenada numa estrutura em árvore). (vid. fig. 2.9 e fig. 2.10)

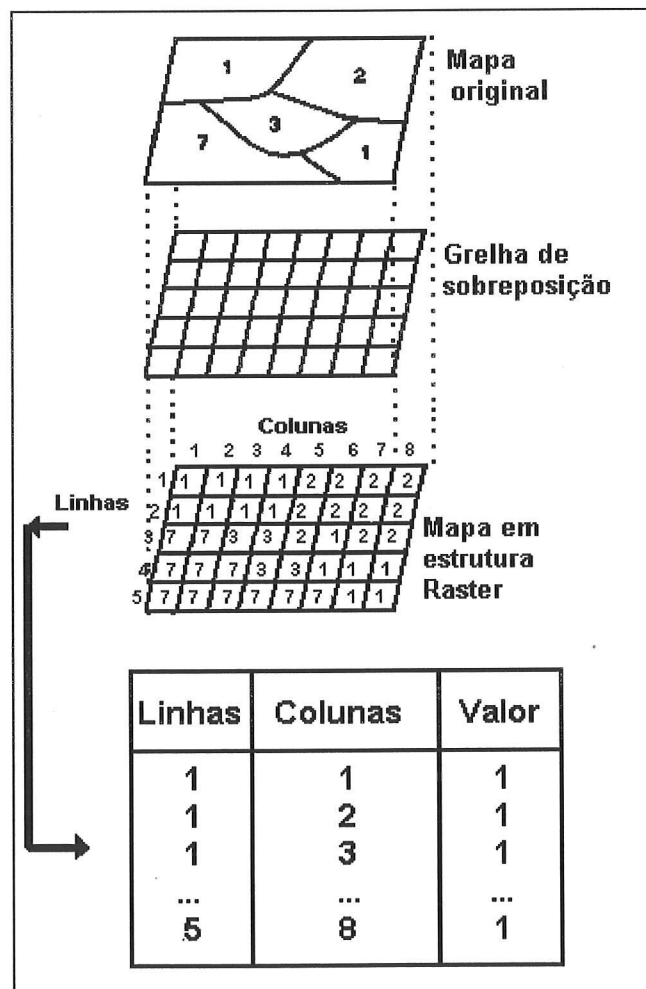


Figura 2.8 - Estrutura do Modelo Raster¹⁶

¹⁶Fonte: Meijerink, 1994: 32

A	A	B	B	
A	A	A	B	
A	B	B	B	
A	A	A	A	

Sequência Final:

2A2B3A1B1A3B4A

Figura 2.9- Compactação através do Processo Run-Lenght-Encoding

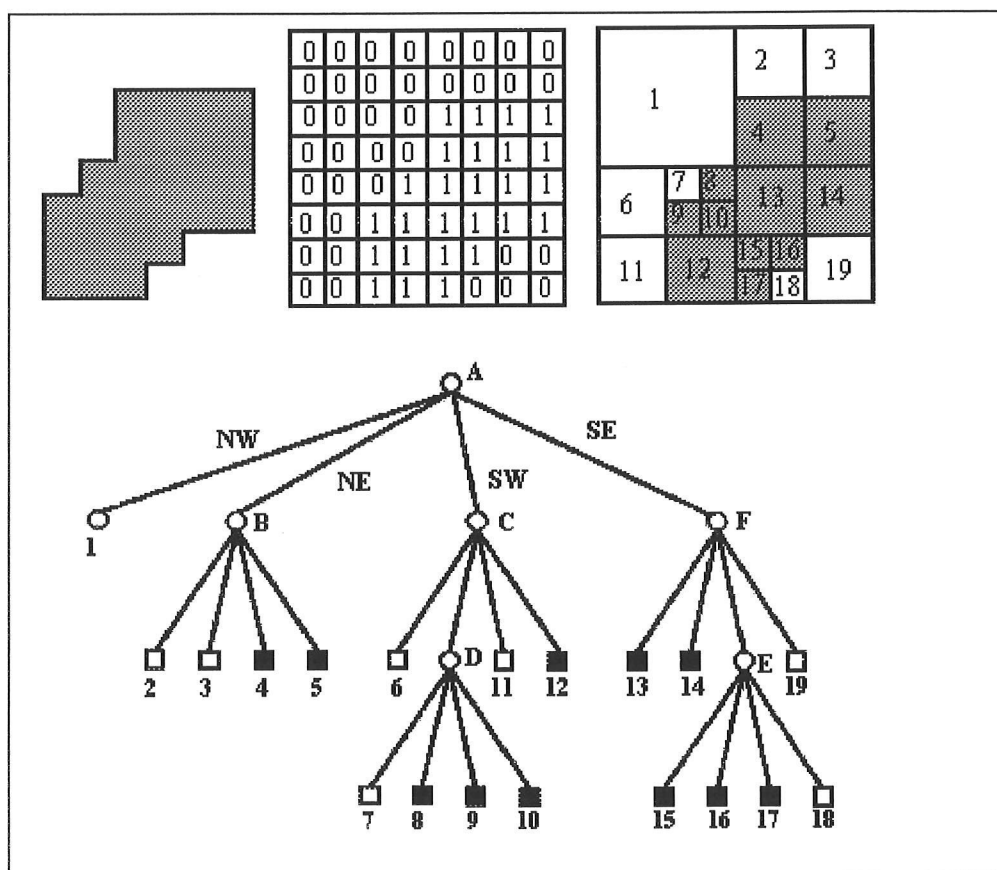


Figura 2.10 - Compactação através do Processo Quadtree¹⁷

2.3.1.2 - Modelo Vectorial

A estrutura do **Modelo Vectorial** é definida como uma quantidade iniciada em determinada coordenada, com uma apresentação e direcção associada. A unidade base é designada por vector. A primitiva neste modelo é o ponto, podendo os elementos

¹⁷Fonte: Kim, 1995: 370

gráficos ser pontos, linhas e polígonos definidos a partir das suas coordenadas. Os objectos são criados pela união de pontos, através de linhas, áreas ou conjuntos definidos de linhas. A posição de cada objecto é definida pela sua localização num mapa espacial, que é organizado por um sistema de coordenadas.

O **Modelo Vectorial** pode apresentar dois tipos de estrutura:

- **Estrutura Polígono** - também designado por cartográfica, cada polígono é codificado na Base de Dados como um único registo e as coordenadas são definidas por uma cadeia de caracteres representando a área fechada (vid. fig. 2.11).

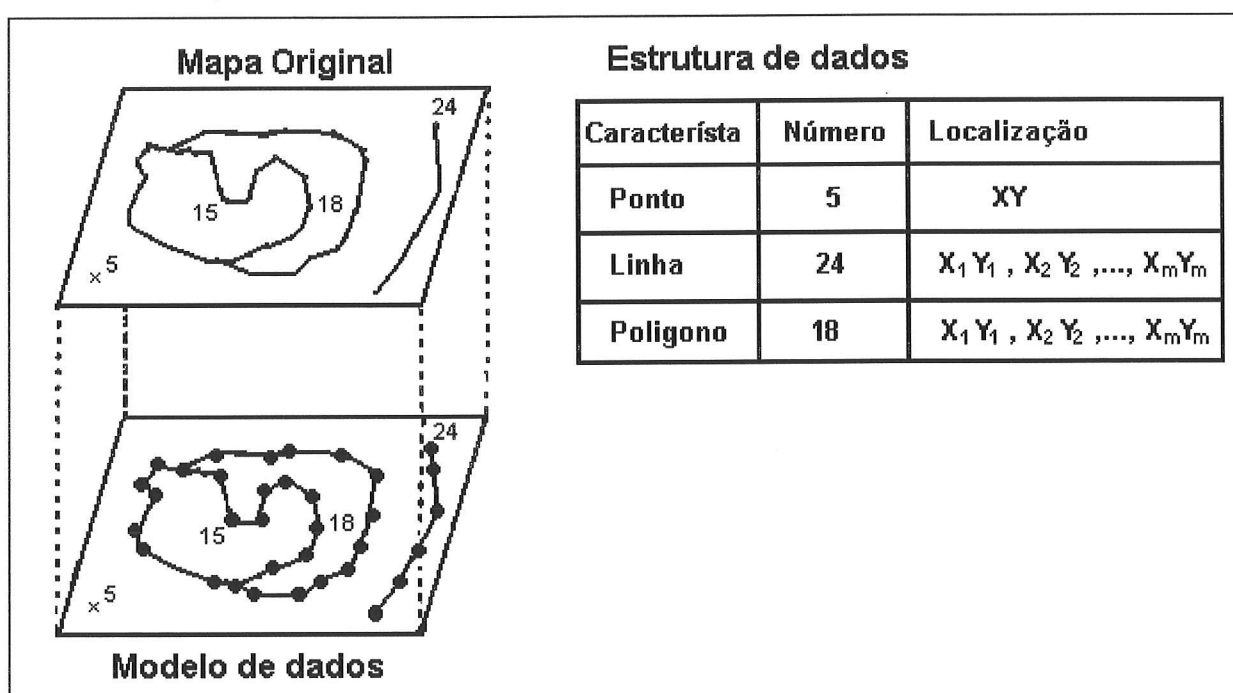


Figura 2.11 - Modelo Vectorial - Estrutura Polígono¹⁸

- **Estrutura Topológica** - os elementos geográficos são relacionados por três tipos de unidades: arcos, nós e polígonos, não existindo uma relação directa destas unidades com linhas, pontos ou áreas (vid. fig. 2.12).

2.3.1.3 - Modelo Raster versus Modelo Vectorial

A escolha entre um dos modelos, depende principalmente do tipo de utilização que o SIG irá ter e da análise a efectuar sobre os dados (Meijerink, 1994: 33) (vid. fig. 2.13).

- O **Modelo Raster** apresenta uma estrutura de dados mais simples, a combinação de mapas é mais fácil, suporta vários tipos de análise espacial, a simulação é fácil porque cada unidade tem as mesmas dimensões e a tecnologia é barata; mas apresenta erros na estimação de perímetros e de formas, é difícil estabelecer ligações de redes antigas (*Network Linkage*); usar células de maiores dimensões para diminuir o espaço de armazenamento implica a perda de reconhecimento de certas estruturas e de informação.
- O **Modelo Vectorial** apresenta um melhor reconhecimento das estruturas, permite a compactação das estruturas, apresenta gráficos fiáveis, a topografia é descrita através de ligações de redes antigas (*Network Linkage*), muito usado para descrever as regiões administrativas do território; mas a sua estrutura de dados é muito complexa, a simulação é difícil porque cada unidade tem a sua forma topológica, a sobreposição de diferentes mapas é difícil, e a tecnologia é muito cara.

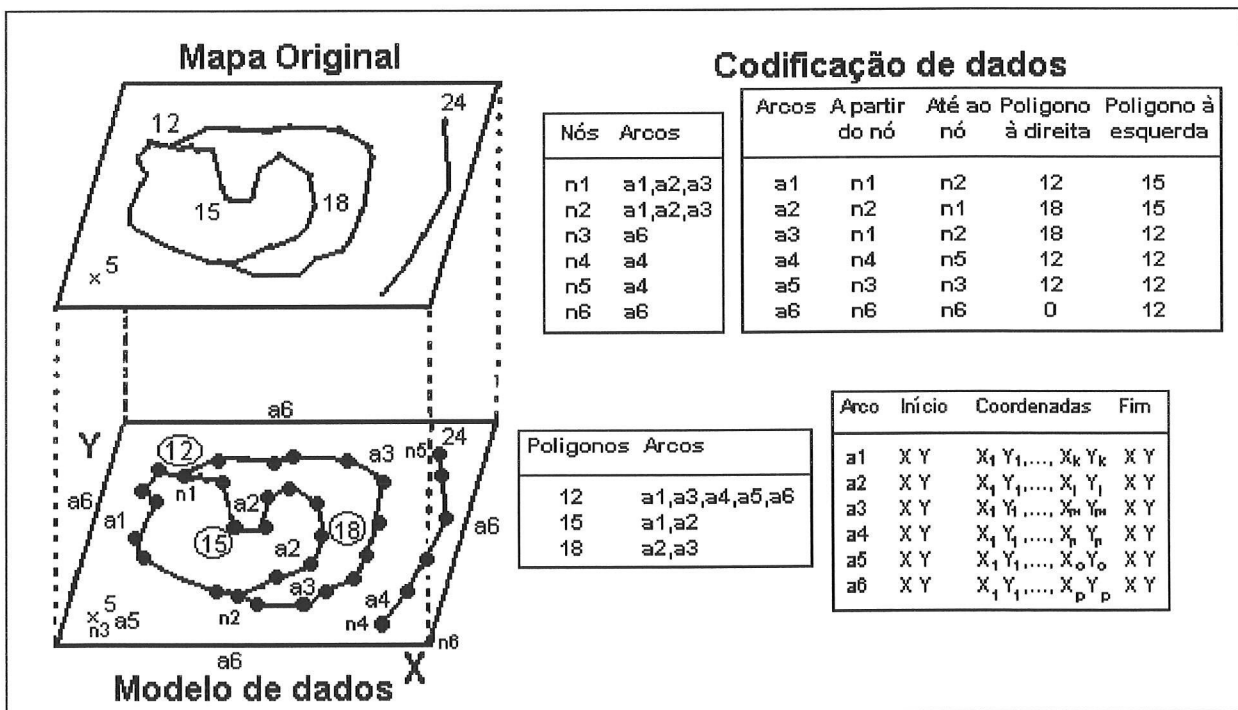


Figura 2.12- Modelo Vectorial - Estrutura Topológica¹⁸

¹⁸Fonte: Meijerink, 1994: 31

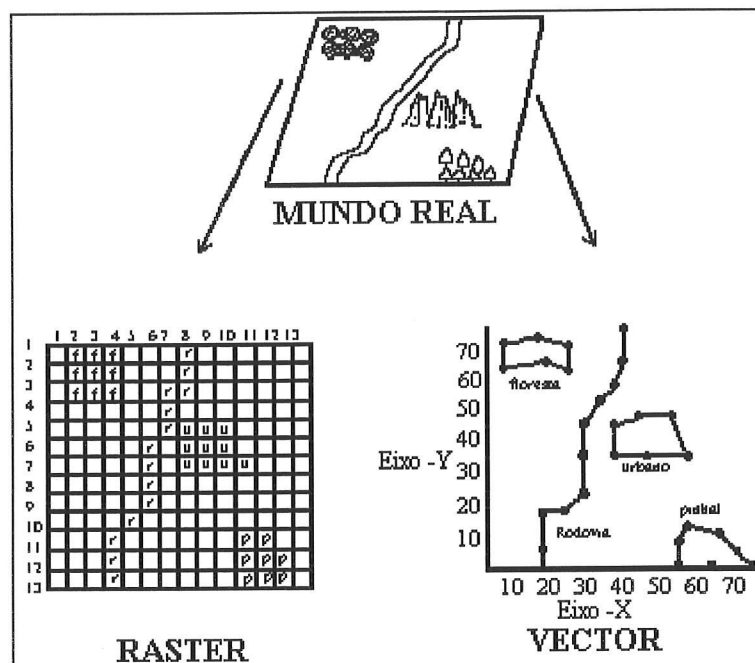


Figura 2.13 - Modelos de Dados (Raster versus Vector)¹⁹

Existem outras vantagens e desvantagens para cada um dos modelos, mas a sua importância não é tão relevante como as apresentadas anteriormente.

O programador para escolher um modelo de dados, tem de ter em consideração o *software* disponível, o tipo de análise que pretende efectuar à informação geográfica e a informação disponível.

Só após a identificação do modelo de dados, que indica como serão armazenados os dados, é que é possível passar para a fase de desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Base de Dados Espaciais.

2.3.2 - Base de Dados Espaciais

O termo “**Dados Espaciais**” é utilizado em Base de Dados, para descrever dados que pertencem ao espaço ocupado por objectos (Kim, 1995: 338). Estes dados podem ser pontos, linhas, rectângulos, polígonos, superfícies, volumes, tempo e outros dados (Kim, 1995: 339). Geralmente, os dados espaciais são associados a dados não espaciais

¹⁹Fonte: Meijerink, 1994: 30

(exemplo: nome de uma cidade), e podem ser modelados recorrendo a técnicas das bases de dados relacionais.

Utilizar um Sistema de Gestão de Base de Dados normalizado para a utilização de Sistemas de Informação Geográfica é possível, segundo o autor Peter Batty (Batty, 1994 b: 8/2), argumenta que “a integração entre dados geográficos e dados não geográficos é extremamente fácil, pois estes sistemas apresentam muito boas capacidades de integração de dados. No entanto, a ineficiência aparece na área de **gestão de versões** e de **longas transacções de dados espaciais**.

- **Longas transacções de dados**, é o termo utilizado para designar o conjunto de actualizações relacionadas entre si (uma determinada operação provocou mudança em várias tabelas ao mesmo tempo), que têm de ser feitas à Base de Dados, implica uma necessidade de controlar as actualizações²⁰.
- **Gestão de versões** é o termo utilizado para designar às cópias de segurança efectuadas a uma Base de Dados (para salvaguardar de problemas de falha), apenas é feita cópia das alterações dos dados.

Um dos **principais requisitos** de um **Sistema de Base de Dados Espacial** é que possa ser acessível em diferentes regiões de uma país - **Arquitectura Cliente - Servidor**²¹. Existe uma Base de Dados Central (servidor), e uma em cada localização remota (cliente), existe uma Base de Dados que apenas contém uma cópia das entidades requeridas nessa localização, esses dados foram obtidos através de acessos à Base de Dados Central.

É na **ligação entre dados espaciais e não espaciais**, que os Sistemas de Gestão de Base de Dados normalizados apresentam **limitações**, o que tem implicado um desenvolvimento nos Sistemas de Gestão de Base de Dados Espaciais direccionado para os Sistemas de Gestão de Base de Dados Orientado a Objectos. Mas, a designação

²⁰ Na ocorrência de falha é necessário detectar quais as entidades que foram alteradas na última operação.

²¹ A diferença entre uma Base de Dados Distribuída e uma com arquitectura Cliente-Servidor, é que no primeiro caso cada Base de Dados contém uma cópia integral dos dados e existe a replicação(duplicação) noutra local remoto, enquanto que no segundo caso, a Base de Dados integral encontra-se na localização central e nos lugares remotos apenas há cópia dos dados que vão ser necessários para as operações locais.

anterior por vezes é ambígua (Batty, 1994 a: 7/11). Porque alguns sistemas com essa designação, referem-se a um Sistema de Gestão de Base de Dados tradicional para o armazenamento, manipulação e gestão dos dados, em conjunto com um Instrumento de Interação Homem/Máquina orientado a objectos para a representação visual dos dados espaciais.

Na concepção de um sistema, a investigação para encontrar a melhor solução na ligação entre dados espaciais e dados não espaciais ainda não foi concluída. Para além de outros métodos, e tendo por base vários investigadores que se estão a preocupar com o assunto, Won Kim (Kim, 1995: 352), faz uma referência a outros Investigadores, que indicam que “dados espaciais e não espaciais são *linkados* bidireccionalmente. Uma das ligações (*Forward*) apresenta toda a informação espacial que caracteriza o objecto com determinada informação não espacial. A outra ligação (*Backward*) apresenta toda a informação não espacial de um objecto com determinada informação espacial (vid. fig. 2.14).

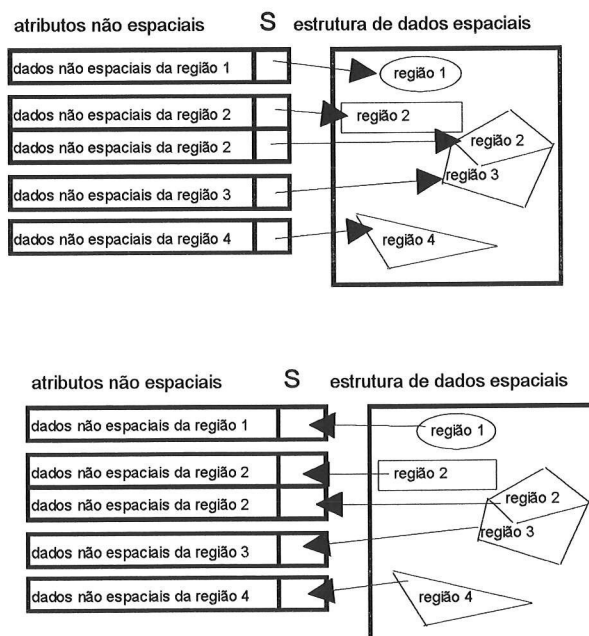


Figura 2.14 - Ligações entre Dados Espaciais e Não Espaciais²²

Os **Sistemas de Gestão de Base de Dados Espaciais** encontram-se numa fase inicial de desenvolvimento, apresentam muitos **problemas** que têm de ser superados, e têm de

²²Fonte: Kim, 1995: 352

cativar cada vez mais para além de utilizadores, Investigadores, para se preocuparem com as dificuldades destes sistemas e tentarem superá-las.

2.3.3 - Problemas no uso de GIS

Os autores Richard G. Newell e David G. Theriault (Newell 1994), indicam que as principais causas dos problemas em SIGs surgem da necessidade de gerir elevados volumes de dados espacialmente relacionados, da natureza dos dados, e da largura do espectro das diferentes organizações com diversos requerimentos aplicativos.

Os problemas encontrados nos SIGs, podem ser classificados de acordo com as quatro categorias seguintes:

- **Capturação topológica** (o custo é mais elevado para a realização de um novo sistema),
- **Desempenho** (a eficiência dos sistemas diminuem perante o volume de dados e as tarefas invocadas),
- **Personalização** (cada organização é diferente, não existe um sistema padrão para todas as organizações) e
- **Integração** (actualmente os sistemas apresentam-se disjuntos, no futuro os dados e as funções necessitam ser realizados num ambiente semelhante).

Nestas quatro categorias de problemas associados aos SIGs, podem-se encontrar os seguintes problemas:

- **Capturação topológica:** a lacuna apresentada pela falta de boas soluções para a resolução deste problema contribui para a lentidão na realização de SIGs no futuro. Apesar disso, têm-se verificado progressos porque os Investigadores têm usado tecnologia de *scanning* e de vectorização para capturar imagens de mapas. No entanto, continua a existir um elevado dispêndio de horas na obtenção dos dados.
- **Grande volume de dados:** o volume de dados requerido para representar os recursos e as infra-estruturas do município é da ordem de 0,5 para 1 Gigabyte por 100.000 habitantes (Newell, 1994). Não é unicamente os registos requeridos, mas também imensas quantidades de dados referentes a

mapeamento em forma de coordenadas, linhas, polígonos e a relação entre os mesmos.

- **Base de Dados “costurada”**: como um dos grandes problemas é o grande volume de dados, uma solução apresentada foi usar um método baseado em folhas (tipo folhas de cálculo). Diminui o primeiro problema, mas acrescenta um novo, a dificuldade de gerir os dados e de efectuar mapeamentos simples em que a localização geográfica abrange uma vasta área, cujos dados se encontram em várias folhas.
- **Utilização das Bases de Dados existentes**: os Investigadores devem considerar que no desenvolvimento de uma nova solução para um Sistema de Gestão de Base de Dados, as características dos sistemas anteriores, devem ser preservadas face aos elevados investimentos feitos pelas organizações nesses sistemas.
- **Gestão das versões e as longas transacções**: regra geral, uma Base de Dados geográfica é acedida por vários utilizadores, o que representa dois problemas relacionados entre si, como manter a consistência entre os dados que estão a ser utilizados em diferentes localizações remotas e qual a política a utilizar para efectuar cópias de segurança.
- **Base de Dados *Raster* - Vector**: o problema dos SIGs baseados no modelo Vector é a capturação de dados, e no modelo *Raster* é o enorme volume de dados e a limitação na representação dos dados geográficos num monitor. O ideal seria um sistema que manipula-se ao mesmo tempo ambos os modelos de dados.
- **Análise de “sobre-camadas” um problema de robustividade**: a análise de “sobre-camadas” pode ser feita completamente a nível topológico sem recorrer à geografia, mas o problema, é que a representação de uma análise topológica é muito complicada.
- **Polígonos com muitos dados**: em regiões pequenas, mas com elevada informação geográfica, por exemplo: arquipélagos de ilhas, em que a região é pequena, mas os contornos são imensos, a análise espacial é difícil, para

identificar certos pontos dentro dessas regiões é necessário aplicar uma resolução gráfica muito elevada.

- **Ambiente de programação para o utilizador (*Front End*):** cada utilizador de SIGs tem um modelo de dados diferente e pretende determinadas características no seu sistema que lhe personalizam o instrumento de interacção homem/máquina e aumentam a funcionalidade. Por vezes, dentro do mesmo sistema, existe módulos realizados em diferentes linguagens, o que pode provocar incompatibilidades entre as componentes.
- **A Linguagem de pesquisa:** apesar do SQL, ser uma ferramenta muito poderosa, nos SIGs apresenta limitações no que concerne a endereçamentos espaciais dentro da própria linguagem. A linguagem de pesquisa deve ser compatível com a do ambiente de programação para o utilizador.

Apesar de todos estes problemas, os Sistemas de Informação Geográfica apresentam a nível tecnológico uma poderosa ferramenta que ajuda a efectuar tomadas de decisão, permitindo ao mesmo tempo agregar informação geográfica e não geográfica, isto é, os Sistemas de Informação Geográfica também estão incluídos na categoria de **Sistemas de Apoio à Decisão**.

2.3.4 - Os Sistemas de Informação Geográfica e os Sistemas de Apoio à Decisão

O aparecimento dos **Sistemas de Informação Geográfica**, “presenteou” os Investigadores/Decisores com uma nova ferramenta tecnológica que oferece capacidades de automatizar, gerir e analisar uma variedade de dados espaciais. Permitindo a realização de um SIG como um Sistema de Apoio à Decisão, beneficiando várias áreas em que as tomadas de decisão consideram factores geográficos. As soluções apresentadas permitem a obtenção de directivas para solucionar uns problemas e a resolução mais eficiente de outros.

Ao **desenvolver as capacidades de apoio à decisão** nos SIGs é necessário considerar **duas perspectivas** (Jankowski 1995):

- **Solucionar problemas como um Sistema de Apoio à Decisão Espacial.** Os Sistemas de Apoio à Decisão Espacial devem ser caracterizados por

disponibilizarem modelação, optimização, e funções de simulação requeridas para gerar, avaliar, recomendar e testar a sensibilidade ou as soluções estratégicas para a resolução do problema.

- **Integração dos Sistemas de Informação Geográfica e modelos analíticos.** As capacidades de apoio à decisão devem expandir o Sigs de forma a suportarem capacidades de descrição, prescrição e previsão pela integração de SIGs com outro *software* (por exemplo: estatístico), e com modelos específicos de análise (por exemplo, ambientais ou sócio-económicos).

Ambas as perspectivas partilham um conceito comum, de providenciar um apoio à decisão espacial. O objectivo de um sistema de apoio à decisão, que considere decisões Multi-Critério - *Multiple Criteria Decision-Making* (MCDM), é o de ajudar o Decisor na selecção da melhor solução alternativa, a partir de um conjunto de soluções admissíveis, sujeitas a um critério de múltipla escolha e de critérios com prioridades diferentes.

2.3.4.1 - Análise de Multi-Critério

Um sistema de apoio à decisão que efectue uma **análise multi-critério**, é constituído pelos quatro passos seguintes:

1º - **Definição do problema:** É necessário diminuir a discrepância entre o estado actual e o estado desejado para um sistema - formulação dos objectivos a atingir.

2º - **Procura de um conjunto de soluções admissíveis:** É estabelecido quais as potenciais soluções para a resolução do problema e o critério para as avaliar - elaboração de um diagnóstico da situação.

3º - **Avaliação das alternativas:** é verificado o impacte de cada solução alternativa em cada critério - consideração das estratégias.

4º - **Seleccção das alternativas:** As alternativas são ordenadas a partir da melhor para a pior e é seleccionado a que se encontra no topo - elaboração de um plano de acção para a resolução dos problemas.

Qualquer ponto de partida de uma técnica que recorra à análise multi-critério, é a geração de um conjunto de soluções alternativas, a formulação do conjunto de critérios e a avaliação dos impactos de cada conjunto de alternativas em cada critério.

O autor Piotr Jankowski (Jankowski, 1995: 255) apresenta o modelo geral de MCDM, em que os impactos estimados pelas alternativas em cada critério, são organizados numa matriz de decisão. (vid. fig. 2.15)

A matriz de decisão é designada por **Pontuação dos critérios**:

$$C = \begin{matrix} C_{11} & \dots & C_{1I} \\ \dots & & \dots \\ c_{j1} & \dots & c_{ji} \end{matrix} \quad \text{onde: } C_{ji} \text{ é a pontuação do critério}$$

J é o n.º do critério ; I representa as alternativas

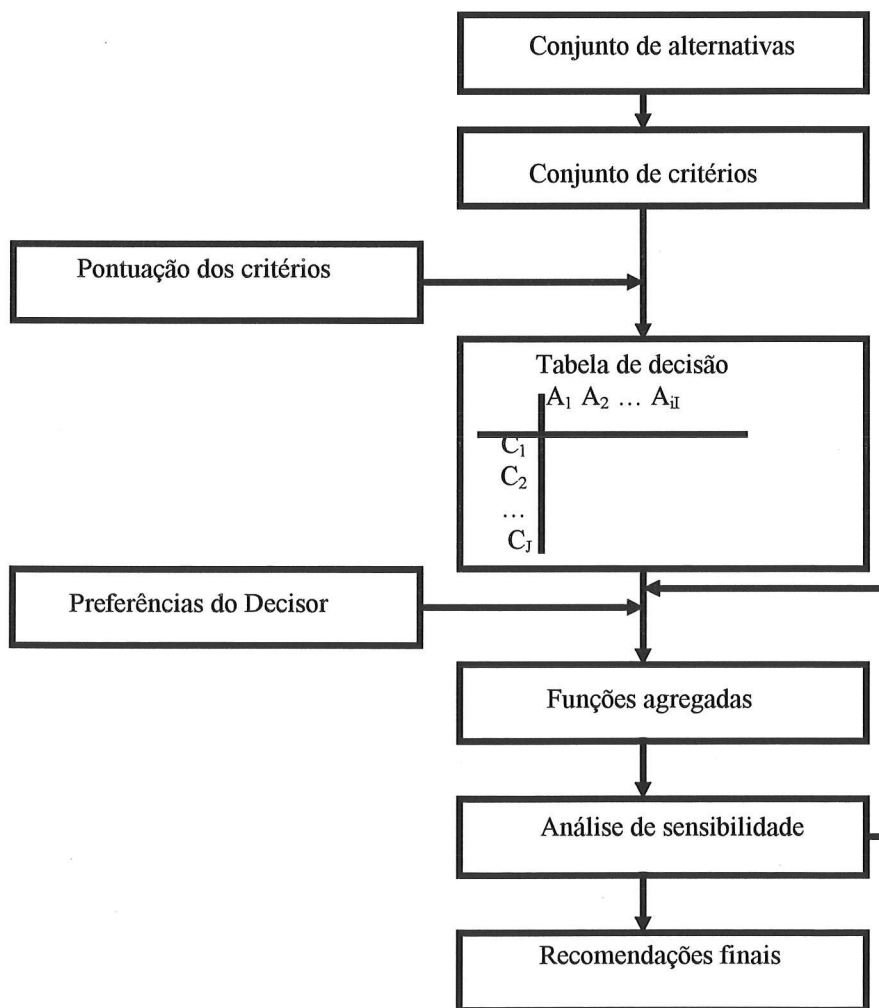


Figura 2.15 - Modelo MCDM²³

²³Tradução de: Jankowski, 1995: 255

Um análise Multi-Critério, não apresenta a solução a ser tomada pelo Decisor mas indica quais os impactos que podem ocorrer se for tomada uma determinada decisão.

A junção entre os Sistemas de Apoio à Decisão e os Sistemas de Informação Geográfica, apresenta soluções para a resolução de problemas facilitando assim as tomadas de decisão por parte dos Decisores. Os problemas, sobre os quais os Investigadores se têm debruçado, pertencem a uma gama variadíssima de áreas, sendo a componente da informação geográfica comum a todas.

2.3.5 - Áreas de Desenvolvimento

Nos últimos anos, um grande número de Investigadores a nível internacional têm pesquisado, estruturado e construído Sistemas de Gestão Computacional, com o objectivo de resolver problemas pertencentes a uma elevada gama de áreas. Esses sistemas têm duas componentes principais, os Sistemas de Informação Geográfica (*Geographical Information Systems - GIS*) e os Sistemas de Apoio à Decisão (*Decision Support Systems - DSS*), incluindo outros com uma relevância menor.

Os problemas em que os Investigadores se têm debruçado, têm mais incidência nas áreas ambiental e planeamento urbano. Existe outras áreas também consideradas, tais como, administração pública, serviços de emergência, segurança, educação, indústria e economia.

A maior área de interesse por parte dos investigadores é a **ambiental**. Nesta, os seus interesses englobam:

- gestão dos recursos naturais,
- detecção, previsão e controlo dos níveis de poluição da águas e do ar,
- previsão do impacte de catástrofes ambientais (nucleares, furacões, cheias, fogo, pestes, alterações climáticas, erosão, etc.),
- planeamento e recriação de florestas,
- planeamento e conservação de solos para a agricultura ou como habitat de espécies em extinção (áreas protegidas),
- perdas de diversidade biológica e de confiabilidade nos ecossistemas naturais,

- aquacultura,
- desflorestações,
- gestão de lixo,
- chuvas ácidas,
- controlo da qualidade de água.

A seguir são apresentados alguns problemas relevantes, para os quais Investigadores já iniciaram um estudo numa tentativa de os resolver ou de os diminuir:

- **Gestão de lixo:** O transporte de lixo tóxico a partir do ponto de produção até ao local de depósito, apresenta vários riscos a nível de poluição ambiental, tais como: acidentes no seu transporte, tempo do ciclo de vida do lixo, distância que o lixo tem de percorrer, vulnerabilidade da água e das populações junto às rotas de deslocação de lixo.
- **Chuvas Ácidas:** Chuvas ácidas é o termo usado para descrever um tipo de poluição resultante da combustão de combustíveis naturais. Este tipo de poluição provoca problemas na saúde humana, corrosão de edifícios, e danos florestais (acidificação dos lagos e desaparecimento de espécies).

Todos estes problemas englobam vários conhecimentos, para a sua resolução é necessário conhecer técnicas de planeamento ambiental, gestão e manipulação de dados e de políticas para tomadas de decisão.

A maioria dos Investigadores encontra problemas na obtenção de dados actualizados e consistentes entre as várias bases de dados.

O **desenvolvimento urbanístico** é a segunda área que apresenta maior interesse por parte dos Investigadores é a que se relaciona com o desenvolvimento urbanístico e com a administração pública. Nesta área, são considerados os problemas:

- gestão de electricidade,
- gestão de recursos aquáticos ligados à urbanização,
- construção de fábricas e empreendimentos industriais,
- desenvolvimento de países,