

**UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES
PARA A PRÁTICA DO
GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO URBANO**

**Universidade Federal de Santa Catarina
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção**

**UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES
PARA A PRÁTICA DO
GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO URBANO**

Beatriz Nozari Ribeiro de Carvalho

Tese apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
como requisito parcial para obtenção
do título de Doutora em
Engenharia de Produção

Prof^a. Edis Mafra Lapolli, Dra. – orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina - Brasil
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

Prof. Flavio Bonfatti, Ing. – co-orientador
Università degli Studi di Modena – Italia
Dipartimento de Scienze dell'Ingegneria

Florianópolis
2000

Beatriz Nozari Ribeiro de Carvalho

**UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES
PARA A PRÁTICA DO
GERENCIAMENTO E PLANEJAMENTO URBANO**

Esta tese foi julgada e aprovada para a obtenção do título de
Doutora em Engenharia de Produção no
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 24 de novembro de 2000.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Édis Mafra Lapolli, Dra.
Orientadora

Prof. Alejandro Martins Rodriguez, Dr.
Examinador Interno

Prof^a. Ana Maria B. Franzoni, Dra.
Examinadora Interna

Prof^a. Josildete Pereira de Oliveira, Dra.
Examinadora Externa

Prof. Juércio Tavares de Mattos, Dr.
Examinador Externo

Prof. Flavio Rubens Lapolli, Dr.
Moderador

À minha filha, Gabriella,
pela alegria da sua chegada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos as oportunidades que me foram oferecidas para crescer, sob todos os aspectos, no período em que juntos convivemos, de modo especial a professores, colegas e familiares.

À professora e amiga Édis Mafra Lapolli, em particular, dedico a elaboração deste trabalho pela firme e dedicada orientação.

Ao Prof. Flavio Bonfatti, co-orientador, agradeço a sempre bem lembrada acolhida, a contribuição e o apoio técnico incondicional ao desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina, especialmente ao Prof. Ricardo Miranda Barcia, pela oportunidade concedida na realização do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

À Università degli Studi di Modena – Italia, pela receptividade e contribuição no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela assistência e apoio financeiro no Brasil e no Exterior.

À minha amiga, Luciana Fleischhauer, agradeço as sugestões e a incansável colaboração.

À Lorena Vieczorek, amiga sempre presente, agradeço o incentivo e o apoio dados em todo o transcorrer deste trabalho.

Ao bolsista Gino Prampolini, agradeço a colaboração prestada.

Ao Lisandro Rueckert, agradeço a dedicação e o seu desempenho durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu esposo, Waldir, agradeço o incentivo e a compreensão da minha ausência em muitos momentos importantes das nossas vidas.

À minha filha, Gabriella, pela alegria da sua chegada.

À minha mãe, Maria Rosa, agradeço o apoio e a atenção dispensada à minha família.

À Neiva, secretária do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, agradeço a incansável colaboração durante todo o curso.

Agradeço, ainda, à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí em convênio com a Prefeitura Municipal de Balneário Camboriú, pela oportunidade de participar na elaboração do Cadastro Imobiliário deste município, para auxiliar na definição do banco de dados necessário à implementação do Sistema desenvolvido neste trabalho.

“As melhores idéias são propriedade de todos”
Sêneca (Século IV a.C.) – filósofo espanhol

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE QUADROS	xv
LISTA DE REDUÇÕES	xvi
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xix
RIASSUNTO	xx
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Origem do Trabalho	1
1.2 Objetivos do Trabalho	1
1.3 Justificativa e Importância do Trabalho	2
1.4 Estrutura do Trabalho	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 Considerações Iniciais	5
2.2 Planejamento e Desenvolvimento	5
2.2.1 O Planejamento Municipal	6
2.2.2 O Planejamento do Uso do Solo	8
2.2.2.1 Zoneamento	9
2.2.2.2 Zoneamento Ambiental Municipal	10
2.3 Sistemas de Informações Geográficas	11
2.3.1 Definição de SIG's	11
2.3.2 Características Básicas	12

2.3.3	Anatomia Interna de um SIG	12
2.3.4	Informação Geográfica em SIG's	14
2.3.4.1	Fontes de Dados Espaciais	14
2.3.4.2	Estruturas da Informação	15
2.3.5	Manipulação dos Dados em SIG's	16
2.3.6	Qualidade dos Dados em SIG's	17
2.4	Programação Orientada a Objeto	18
2.4.1	Abstração e Representação	18
2.4.2	Objetos	19
2.4.2.1	Objetos Concretos e Objetos Abstratos	19
2.4.2.2	Agregação e Decomposição	20
2.4.2.3	Cardinalidade de uma Relação	21
2.4.2.4	Hierarquia de Agregação/Decomposição	22
2.4.2.5	Contextos de Observação	25
2.4.3	Ações	27
2.4.3.1	Encapsulamento/Ocultamento de Informações	28
2.4.3.2	A interface com o Mundo Exterior	28
2.4.3.3	Mensagem x Ação	29
2.4.4	Classes	29
2.4.4.1	Distinção entre Classes e Objetos	30
2.4.4.2	Hierarquia de Especialização/Generalização	30
2.4.4.3	Contextos de Observação	32
2.4.4.3	Herança de Propriedades	34
2.5	Programação Orientada a Objeto Smalltalk	38
2.5.1	Histórico - Origens de Smalltalk	38
2.5.2	Conceitos Básicos	39

2.5.3	Hierarquia de Classes	40
2.5.3.1	Classes e Subclasses	40
2.5.3.2	Herança de Características pelas Subclasses	42
2.5.3.3	A Classe Object	42
2.5.4	Expressões e Métodos em Smalltalk	43
2.5.4.1	Métodos e Expressões	43
2.5.5	Classes Básicas da Linguagem Smalltalk	43
2.5.6	Contribuições para a Engenharia de Software	43
2.5.6.1	Reutilização de Software	44
2.5.6.2	Confiabilidade, Custos e Manutenção	44
2.6	Considerações Finais	45
3	MODELO CONCEITUAL PROPOSTO	46
3.1	Considerações Iniciais	46
3.2	Proposição	47
3.3	Considerações Finais	48
4	MODELO MULTIDATA (MDT)	49
4.1	Considerações Iniciais	49
4.2	Modelo Multidata - MDT	49
4.3	A Linguagem Multidata	50
4.3.1	Objetos Simples e Complexos	50
4.3.2	Objetos Virtuais	52
4.3.3	Objetos Vista	53
4.3.4	Objetos Especializados	54
4.3.5	Valores	55
4.3.6	Leis	56
4.3.7	Operadores Complexos: Seleção, Quantificação e Síntese	57

4.3.8	Operadores Simples _____	58
4.3.9	Estrutura do Esquema Multidata - Aciclicidade _____	59
4.4	Exemplos Aplicativos do Modelo MDT _____	60
4.4.1	Metodologia de Aplicação do Modelo GEO-MDT _____	60
4.4.1.1	Classificações da Unidade Geológica _____	66
4.4.1.2	Descrição das Unidades Geológicas _____	73
4.4.2	Desenho do Sistema Informativo _____	79
4.4.3	Estágio Atual de Aplicação do Modelo Geo-MDT _____	82
4.5	Considerações Finais _____	82
5	SGPM: SISTEMA DE GESTÃO E PLANEJAMENTO MUNICIPAL _____	83
5.1	Considerações Iniciais _____	83
5.2	Modelagem e Desenvolvimento do SGPM _____	84
5.2.1	Modelagem _____	84
5.2.2	Desenvolvimento do Protótipo do SGPM _____	86
5.2.3	Visão Geral do SGPM _____	88
5.3	Considerações Finais _____	93
6	APLICAÇÃO PRÁTICA _____	95
6.1	Considerações Iniciais _____	95
6.2	Área de Estudo _____	95
6.2.1	Localização da Área de Estudo _____	96
6.2.2	Principais características do Município de Balneário Camboriú _____	98
6.3	Levantamento dos Dados Necessários à Implementação do Sistema _____	99
6.3.1	Metodologia _____	100
6.4	Aplicações da Abordagem Proposta _____	101
6.4.1	Consultas Disponíveis _____	102
6.4.2	Mapas Temáticos _____	104

6.4.3	Resultados da Pesquisa _____	106
6.5	Análise dos Resultados _____	111
6.6	Considerações Finais _____	114
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	
	115	
7.1	Conclusões _____	115
7.2	Recomendações Para Futuros Trabalhos _____	117
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	119
9	ANEXOS _____	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Agregação e Decomposição	20
Figura 2.2 – Hierarquia de Agregação e Decomposição (a)	22
Figura 2.3 – Hierarquia de Agregação e Decomposição (b)	23
Figura 2.4 – Hierarquia de Agregação e Decomposição (c)	24
Figura 2.5 – Contexto de Observação (1a)	25
Figura 2.6 – Contexto de Observação (1b)	26
Figura 2.7 – Contexto de Observação (1c)	27
Figura 2.8 – Hierarquia de Especialização e Generalização	31
Figura 2.9 – Contexto de Observação (2a)	32
Figura 2.10 – Contexto de Observação (2b)	33
Figura 2.11 – Contexto de Observação (2c)	33
Figura 2.12- Herança de Propriedade (a)	34
Figura 2.13 – Hierarquia de Propriedades (b)	35
Figura 2.14 – Hierarquia de Propriedades (c)	36
Figura 2.15 – Herança de Propriedade (d)	37
Figura 5.1 - Tela Schema Browser – Modelo MDT	85
Figura 5.2 - Tela Item Browser – Modelo MDT	86
Figura 5.3 – Comunicação entre o Programa em Smalltalk e DII para Mapas	87
Figura 5.4 – Interface Principal – SGPM	89
Figura 5.5 – Tela para Escolha das Características – SGPM	90
Figura 5.6 – Resultado da Localização – SGPM	91
Figura 5.7 – Propriedades do Imóvel – SGPM	92
Figura 5.8 – Mapas Temáticos – SGPM	93
Figura 6.1 – Localização da Área de Estudo	97

Figura 6.2 – Ocupação Atual do Solo – SGPM _____	107
Figura 6.3 - Uso Atual do Solo - SGPM _____	107
Figura 6.4 – Características dos Imóveis Selecionados – SGPM_____	108
Figura 6.5 – Determinação do Patrimônio Público e das Características do Imóvel Selecionado – SGPM _____	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 6.1 – Consultas Disponíveis – SGPM _____	103
Quadro 6.2 – Mapas Temáticos – SGPM _____	105

LISTA DE REDUÇÕES

Abreviações

ESC.	Escala
N. °	Número

Siglas

AG	Adjetivos
ALGOL 60	Linguagem de Programação
AMFRI	Associação dos Municípios da Região da Foz do Rio Itajaí
AV	Advérbios
BCE	Boletim Cadastral de Edifícios
BCI	Boletim Cadastral Imobiliário
BCQ	Boletim Cadastral de Quadra
C	Linguagem de Programação
C++	Linguagem de Programação
CEP	Código de Endereçamento Postal
CGC	Cadastro Geral de Contribuinte
CINVA	Centro Interamericano de Vivenda e Planejamento Urbano
CPF	(=CIC) - Cadastro de Inscrição do Contribuinte
CTM	Cadastro Técnico Municipal
DB	Base de Dados
DELPHI	Linguagem de Programação
DLL	Dynamic Lynck Library
DOS	Disk Operation System - Microsoft (Sistema Operacional de Disco)
FAUVI	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FORTRAN	Linguagem de Programação
GEO-MDT	Modelo Geológico Multidata
LOO's	Linguagens Orientadas a Objeto
MDT	Modelo Multidata
MNT's	Modelos Numéricos de Terreno

OBJECT-C	Linguagem de Programação
PDDI	Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado
POO	Programação Orientada a Objeto
RL	Relações
SHAPEFILES	Arquivo de Formas
SIG's	Sistemas Geográficos de Informações
SGPM	Sistema de Gestão e Planejamento Municipal
SMALLTALK	Linguagem de Programação
TE	Termos
TOOL	Linguagem de Programação
UNIVALI	Universidade do Vale do Itajaí
UF	Unidade da Federação
UT	Unidade Territorial
WINDOWS	Sistema Operacional - Microsoft
WWW	World Wide Web

Símbolos

' Copyright

RESUMO

CARVALHO, Beatriz Nozari Ribeiro. **Um Sistema de Informações para a Prática do Gerenciamento e Planejamento Urbano**. Florianópolis, 2000. 149f. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2000.

No caso específico do controle urbanístico, os instrumentos concebidos, na maioria das vezes de forma inaplicável, têm sido o principal empecilho para o desenvolvimento de qualquer ação no *urbano*. Um dos caminhos para atenuar tal dificuldade é a melhor preparação do pessoal envolvido no trabalho. Para tanto parece justificável a elaboração de um projeto de pesquisa que forneça, de forma acessível às prefeituras de pequeno porte, subsídios para a formulação de instrumentos legais básicos no controle do Uso do Solo. E para promover informações ao usuário de modo a executar e adotar decisões na pesquisa, no planejamento e no gerenciamento propõe-se a utilização de um Sistema de Informações. Desenvolver este Sistema de modo que ele possa representar a informação necessária para cada município, ou seja, especificamente para uma determinada prefeitura, de forma eficiente, porém com baixo custo é o principal objetivo deste trabalho. As implementações necessárias para o desenvolvimento do protótipo do Sistema são desenvolvidas em Smalltalk, linguagem orientada a objetos, por ser potencialmente útil para a construção de protótipos rápidos, para uso na depuração das especificações das aplicações. Por fim uma aplicação prática é realizada com a finalidade de validar a eficiência do Sistema.

Palavras-chave:

Modelo Orientado a Objetos

Planejamento Urbano

Sistema de Informações Geográficas

ABSTRACT

CARVALHO, Beatriz Nozari Ribeiro. **Um Sistema de Informações para a Prática do Gerenciamento e Planejamento Urbano**. Florianópolis, 2000. 149f. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2000.

In our specific case of urbanistic control, the instruments thought of, but almost non-applicable, have been a hindrance to any urbanistic set of action. A way to minimize such difficulties should be a higher specialization of the personnel involved. To do so would probably be justified to prepare a research project, which furnished “The City Hall” Municipality - possibilities to formulate basic legal instruments to control of the Land Use. User should be provided with sufficient information so that he/she could execute as well as make decisions on the research, planning and managerial of the Information System that is then proposed to be utilized. To develop this System so that it can represent the necessary information to each city, i.e., to a specific city hall municipality, in an efficient but low cost way, is the main goal of this research work. The implementations, which are necessary to the development of the system prototype, are developed in Smalltalk. That is an object-oriented language potentially useful in the construction of the demonstrative prototypes, which are used for selecting the specifications of the applications. And finally, a practical application is carried out with the objective of validating the efficiency of the System.

Words-key:

Geographic Information System
Object-Oriented Model
Urban Planning

RIASSUNTO

CARVALHO, Beatriz Nozari Ribeiro. **Um Sistema de Informações para a Prática do Gerenciamento e Planejamento Urbano**. Florianópolis, 2000. 149f. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2000.

Nel caso specifico del controllo urbanistico, gli strumenti concepiti, nella maggior parte dei casi di forma inapplicabile, sono stati il principali ostacolo allo sviluppo di qualsiasi azione nello “urbano”. Una delle vie per attenuare tale difficoltà è la migliore preparazione del personale coinvolto nel lavoro. Pertanto appare giustificabile l’elaborazione di un progetto di ricerca che fornisca, in forma accessibile ai piccoli Comuni, sussidii per formulare strumenti legali di base per controllare l’Uso del Suolo. E per fornire informazioni all’utente in modo da adottare ed eseguire decisioni in ricerca, pianificazione e gestione, si propone l’utilizzo di un Sistema Informativo. Sviluppare questo Sistema in modo che possa fornire l’informazione necessaria ad ogni municipio, cioè in forma specifica per ogni Comune, in forma efficiente ma a basso costo, è il principale obiettivo di questo lavoro. Le implementazioni necessarie per sviluppare il prototipo del Sistema sono svolte in Smalltalk, linguaggio orientato-oggetto, per essere potenzialmente utile nella costruzione di prototipi veloci da utilizzare nella depurazione delle specifiche delle applicazioni. Infine, un’applicazione pratica viene realizzata allo scopo di validare l’efficienza del Sistema.

Parole-chiave:

Modello Orientato-Oggetto

Pianificazione Urbana

Sistema d’Informazioni Geografiche

1 INTRODUÇÃO

1.1 ORIGEM DO TRABALHO

Ao município é tradicionalmente reservada a administração das cidades.

O processo de urbanização verificado nas três últimas décadas vem acarretando aos Municípios, já debilitados estruturalmente, o aumento das responsabilidades relativas às atividades de controle dos impactos causados por este processo.

O ritmo acelerado da urbanização gera dificuldades para a Administração Municipal atuar de forma adequada sobre dois dos principais impactos, aos quais está diretamente relacionada a sua esfera de competência: o aumento da demanda por prestação de serviços públicos e o controle do uso do solo.

Uma das razões de tal despreparo é a carência de pessoal capacitado para desenvolver o instrumental básico necessário. No caso específico do controle urbanístico, os instrumentos concebidos, na maioria das vezes de forma inaplicável, têm sido o principal empecilho para qualquer ação no *urbano*.

Tendo em vista tais dificuldades e com o intuito de fornecer informações adequadas e confiáveis aos tomadores de decisão e de forma a aumentar a eficiência dos órgãos gestores e de planejamento municipal, desenvolveu-se este trabalho.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

O presente trabalho apresenta como objetivo geral a utilização de um Sistema de Informações para prover informações ao usuário de modo a executar e adotar decisões na pesquisa, no planejamento e no gerenciamento municipal.

Como objetivo específico tem-se a proposição de desenvolver um protótipo de Sistema de Informações para prefeituras de pequeno e médio porte, estabelecendo uma estrutura adequada ao gerenciamento e à manutenção e atualização da informação de forma a melhorar a qualidade dos serviços prestados e reduzir acentuadamente os custos operacionais.

1.3 JUSTIFICATIVA E IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

Na tentativa de resolver seus problemas, as administrações municipais têm recorrido a ações localizadas, ora aumentando o grau de informatização, ora contratando diagnósticos ambientais e planos diretores, ora executando o mapeamento urbano, ora conduzindo o recadastramento imobiliário. Apesar dos bons resultados obtidos setorialmente, os problemas globais persistem.

A concepção deste plano de estudo partiu da necessidade de fundamentar a prática do gerenciamento e planejamento urbano.

Estes planos baseiam-se, geralmente, na análise integrada de um volumoso banco de dados, ao qual torna-se necessária a utilização de uma metodologia potente, para assim tornar-se possível o ordenamento desses dados e a execução de vasta gama de análises lógicas sofisticadas.

O bom desempenho de uma determinada metodologia e, conseqüentemente, a obtenção de resultados confiáveis e adequados aos objetivos do trabalho dependem do correto estabelecimento dos procedimentos a serem seguidos. Tais procedimentos vão desde o levantamento de dados até a sua análise.

Além disso, a gestão municipal exige uma abordagem integrada a um custo compatível com a capacidade financeira do município.

Neste contexto, faz-se necessário o desenvolvimento de aplicações específicas no ambiente do Sistema Informativo para solução de problemas típicos de gerenciamento municipal, permitindo análises com níveis de detalhamento variável.

A importância da solução proposta em Sistema Informativo inicia-se, portanto, pela identificação das necessidades do município.

Aplicativos, utilizando técnicas de geoprocessamento e informática, customizados para cada necessidade administrativa, garantem facilidade de uso e efetividade, eliminando por completo a duplicidade de informações e serviços.

Esta solução pretende auxiliar os municípios que precisam conviver com administração financeira austera, financiamento escasso, demanda crescente por serviços, pressões por melhoria da qualidade de vida, exigências de proteção ao meio ambiente e administração eficiente.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se estruturado em sete capítulos.

Neste capítulo são descritos a origem, os objetivos e a justificativa da pesquisa. A principal finalidade é introduzir o tema da pesquisa e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo apresenta uma abordagem teórica sobre os temas relevantes ao desenvolvimento do trabalho: Planejamento e Desenvolvimento, Sistemas de Informações Geográficas, Programação Orientada a Objeto, Programação Orientada a Objeto Smalltalk.

No terceiro capítulo é apresentada a proposta do trabalho, definindo a metodologia a ser utilizada.

O quarto capítulo faz referência ao Modelo Multidata e a um exemplo aplicativo do mesmo.

No quinto capítulo é apresentado o desenvolvimento de um protótipo de Sistema de Informações para gestão e planejamento municipal. O Sistema de Gestão e Planejamento Municipal - SGPM foi concebido com base nos conceitos e técnicas da programação orientada a objeto.

No sexto capítulo apresentam-se aplicações utilizando a abordagem proposta, onde é verificada sua operacionalidade e são validados os resultados obtidos.

Por fim, no sétimo capítulo são apresentadas as conclusões sobre o trabalho e as recomendações para futuras pesquisas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Com a finalidade de estabelecer diretrizes para o desenvolvimento municipal, faz-se necessário definir claramente os aspectos inerentes ao gerenciamento e planejamento urbano.

Com este objetivo e com a finalidade de consolidar a proposta deste trabalho a seguir serão apresentadas as principais definições de:

- Planejamento e Desenvolvimento – metas da Administração Municipal
- Sistema de Informações Geográficas – metodologia compatível para representar as informações necessárias à pesquisa e à tomada de decisão.
- Linguagens de programação orientadas a objeto – apropriadas ao desenvolvimento de protótipos de Sistemas Informativos.

2.2 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO

Dificilmente consegue-se uma definição que possa ser aceita, unanimemente, de planejamento ou planificação (FERRARI, 1979).

“Em um sentido amplo, planejamento é um método de aplicação, *contínuo e permanente*, destinado a resolver, *racionalmente*, os problemas que afetam uma sociedade situada em determinado espaço, em determinada época, através de uma *previsão ordenada capaz de antecipar suas ulteriores conseqüências*”.¹

¹ Definição da Carta dos Andes, elaborada em outubro de 1958, Colômbia, pelo “Seminário de Técnicos e Funcionários em Planejamento Urbano”, promovido pelo CINVA – Centro Interamericano de Vivenda e Planejamento Urbano: “Planejamento é o processo de ordenação e previsão para conseguir, mediante a fixação de objetivos e por meio de uma ação racional, a utilização dos recursos de uma sociedade em uma época determinada”.

Planejamento, em essência, em qualquer escalão do governo (municipal, estadual ou federal), visa resolver os problemas de uma *sociedade* (SER) localizada em determinada *área* ou *espaço* (FORMA), numa determinada *época* (TEMPO).

Em cada um desses níveis ou escalões o planejamento dá maior ou menor ênfase a determinados aspectos da realidade.

Assim é que os Planos Nacionais têm a sua tônica nos problemas econômicos e sociais genéricos. Visa, em essência, promover o desenvolvimento da nação. Para tanto, seus objetivos visam mudar estruturas econômico-sociais, valendo-se da organização do espaço físico. Há, pois, no planejamento nacional, um acentuado predomínio dos setores econômico e social sobre os demais.

No extremo oposto da planificação municipal ocorre a prevalência dos problemas físico-territoriais sobre os outros. Há em todo plano municipal três aspectos fundamentais: uso do solo urbano (zoneamento), circulação (sistema viário) e serviços públicos ou de utilidade pública.

2.2.1 O Planejamento Municipal

Em termos administrativos, a determinada aglomeração urbana, devido a seu tamanho (população) e características de atuação quanto à oferta de serviços para a área de influência circunvizinha, corresponde uma área rural bem delimitada. É deste modo que se pode entender o conceito de município: a menor unidade territorial administrativa, constituída de pelo menos uma cidade, a sede - em alguns caso podem existir outros povoados ou vilarejos, constituindo então os distritos - e seu espaço rural imediato, com autonomia política, administrativa e financeira (BRUNA, G.C., 1983).

Em outras palavras pode-se dizer que o município é a menor região para fins de planejamento, compreendendo para tanto o estudo de suas áreas urbanas e das rurais.

Ainda que entendido como a menor região para fins de planejamento em termos de subdivisão territorial político-administrativa do Brasil, pode-se associar o planejamento municipal ao que comumente se denomina nível de planejamento local, isto porque se trata de planejar e organizar planos de ação tendo em vista o bem-estar coletivo da menor comunidade instituída com poderes político-administrativos e autonomia financeira atribuída por lei federal. Deste modo, cabe ao município planejar seu próprio desenvolvimento, o que se observa claramente estabelecido através da Lei Orgânica dos Municípios, Artigo 54 e subsequente Parágrafo Único:

Plano: O Município iniciará o seu processo de planejamento, elaborando o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado, no qual considerará, em conjunto, os aspectos físicos, econômicos, sociais e administrativos.

Parágrafo Único: O Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado deverá ser adequado aos recursos financeiros do Município e às suas exigências administrativas.

Desta forma o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado (PDDI) de um município deve atender tanto aos requisitos de nível técnico adequado e prazos determinados, como deve situar-se devidamente, face aos orçamentos administrativos.

Tendo em vista a elaboração do PDDI, é preciso definir claramente quais os custos de sua elaboração e confrontá-los com as possibilidades do respectivo orçamento municipal.

A equipe de trabalho deve poder contar com técnicos especializados nos vários setores de planejamento, constituindo assim o que se chama de uma equipe interdisciplinar.

Especialmente em se tratando de estabelecer diretrizes para o desenvolvimento municipal, a pesquisa deve abranger também um nível amplo, com a finalidade de reunir conhecimento.

Para a realização desta pesquisa é necessário planejá-la acuradamente. Para tanto é preciso ter-se conhecimento do que pesquisar e de que maneira registrar o produto pesquisado.

Para se ter uma noção dos tipos de elementos a serem pesquisados, pode-se basicamente organizar dois grandes grupos: o dos elementos naturais e o dos humanos. No primeiro grupo encontram-se as pesquisas sobre aspectos tais como geográficos, geológicos e climatológicos. No segundo, são estudados os aspectos referentes ao homem, em termos de população, atividades comerciais, industriais e outros, comunicações, compreendendo também transportes e circulação, os equipamentos técnicos, ou serviços públicos e de utilidade pública, tais como água, esgoto, energia elétrica e outros; os equipamentos sociais como os culturais, educacionais, assistenciais, de culto e outros e os instrumentos institucionais e legislativos.

Uma visão mais específica, entretanto, pode ser obtida ao se procurar detalhar para cada setor de planejamento - setor social, econômico, territorial e institucional - os vários itens a serem pesquisados, juntamente com a forma de obtê-los.

2.2.2 O Planejamento do Uso do Solo

Vários autores elaboraram uma lista de critérios que, em seu entender, definem os laços do Planejamento Municipal. A maior parte coloca em primeiro lugar o papel do Planejamento do Uso do Solo.

O uso do solo assume importância cada vez maior no processo de urbanização crescente que se verifica no Brasil. Em realidade, as leis de zoneamento urbanístico são usadas a longo tempo entre nós. São de responsabilidade municipal e até aqui se tem inspirado em rígidos conceitos de ordenação. A divisão das cidades em zonas comercial, industrial, residencial, etc., se de um lado pode torná-las eficientes, de outro é passível de críticas.

Dentro de um conceito mais moderno, considera-se o zoneamento como instrumento para a previsão e o controle de densidades dos meios urbanos.

2.2.2.1 Zoneamento

O Zoneamento, como mecanismo de controle do uso do solo, vem sendo adotado e discutido há algumas décadas. No entanto, seu conceito, desde as primeiras experiências implementadas, vem sendo modificado e aprimorado fundamentalmente no que diz respeito ao espírito com que pode ser concebido.

Dentro de uma perspectiva histórica, são apresentados a seguir três conceitos de Zoneamento, em abordagem jurídica e urbanística (NASCIMENTO, L.H., 1982):

Segundo a abordagem jurídica, o Zoneamento Urbano consiste na repartição da cidade e das áreas urbanizáveis de acordo com a sua precípua destinação de uso e ocupação do solo.

Conforme a abordagem urbanística, o zoneamento na década de 60 estabeleceu grupamentos de usos análogos em locais adequados ao funcionamento de cada um e de todos em conjunto. Esses usos correspondem às funções de:

- a) habitação;
- b) trabalho;
- c) aperfeiçoamento e recreio do corpo e do espírito.

E numa visão urbanística mais recente, o Zoneamento teria por função, em princípio, compatibilizar usos, misturar atividades e estimular sua complementaridade em determinada fração do território.

O conceito de Zoneamento conserva a repartição do território, mas afasta-se da segregação de usos, da visão orgânica da cidade.

Assim, o Zoneamento do Uso do Solo não teria a mera função de ordenar espaços ou de apenas controlar densidades. A estas se associa a função de compatibilizar o crescimento urbano.

2.2.2.2 Zoneamento Ambiental Municipal

Incorporando as diretrizes federais, o Zoneamento Ambiental Municipal é proposta de conhecimento do meio ambiente local com ênfase às características de seus elementos (ar, água, solo, flora) quanto à sensibilidade em relação à apropriação humana.

Em outras palavras, a ocupação dos espaços municipais por vezes acontece de forma inadequada, causando graves conseqüências ao meio ambiente local e ao próprio poder municipal, responsável imediato pela administração do seu território: erosões interditando estradas, assoreamento de corpos de água comprometendo a vazão de rios, desmoronamentos, ocupação inadequada em áreas de mananciais, desmatamentos.

Assim, o Zoneamento Ambiental procura definir, na escala municipal, as restrições e/ou adequações de uso do solo para uma atuação mais conseqüente, fundamentando o poder local no estabelecimento de legislações específicas.

O Zoneamento como sistema de formas e regras funciona também como um sistema de classificação e de significados. Ao se atribuir significados e valores ao espaço urbano, induz-se a determinadas tendências de ocupação do solo. As decisões tomadas neste nível exercem assim um grande impacto sobre a apropriação, distribuição e produção dos espaços, principalmente se for considerado que estes ocorrem dentro de um sistema de mercado.

Tomando por base o Zoneamento Ambiental Municipal, obtém-se um conjunto de informações que orienta o desenvolvimento urbano e direciona as decisões municipais na tentativa de proporcionar melhor desempenho no suprimento de necessidades básicas.

Uma vez objetivados os aspectos a serem pesquisados há que se precisar quais as possibilidades de *expressão* dos dados levantados. Trata-se, assim, de organizar os *dados adequados* e escolher a metodologia mais *compatível* para representar as informações.

2.3 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

O surgimento dos Sistemas de Informações Geográficas não foi um acontecimento isolado dentro das Geociências. Ao contrário, teve seu desenvolvimento simultâneo com várias outras ciências e, dentro destas, de técnicas sofisticadas de análise e tratamento de informações gráficas e alfanuméricas.

Mais especificamente, seu desenvolvimento pode ser vinculado aos avanços na Cartografia, Computação Gráfica e Geografia, principalmente os decorrentes da informatização e novos recursos proporcionados pela introdução dos computadores. A tecnologia SIG tem uma característica multidisciplinar que a torna complexa e requer conhecimento abrangente dos temas relacionados. Geralmente este aspecto dificulta o acesso da maior parte das pessoas, restringe sua compreensão, limitando a aplicação correta (TEIXEIRA, et al., 1995).

2.3.1 Definição de SIG's

Sistemas de Informações Geográficas são sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente. Estes sistemas manipulam dados de diversas fontes como mapas, imagens de satélites, cadastros e outras, permitindo recuperar e combinar informações e efetuar os mais diversos tipos de análise sobre os dados (ALVES, 1990).

Sistemas de Informações Geográficas são um ambiente computacional no qual dados espaciais representados por entidades gráficas podem ser relacionados entre si e com outros dados não espaciais como registros alfanuméricos de um banco de dados convencional e imagens raster (CAMARGO, M.U.C., 1997).

2.3.2 Características Básicas

As principais características dos Sistemas de Informações Geográficas são a possibilidade de:

- a) integrar, numa única base de dados, as informações espaciais provenientes de dados geográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno (MNT's);
- b) combinar as várias informações através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados;
- c) consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados geocodificados.

Os dados tratados em SIG's incluem imagens de satélite, MNT's, mapas temáticos, redes e dados tabulares.

Uma característica básica e geral num SIG é a sua capacidade de tratar as relações espaciais entre objetos geográficos. Denota-se por topologia a estrutura de relacionamentos espaciais (vizinhança, proximidade e pertinência) que podem se estabelecer entre objetos geográficos. Armazenar a topologia de um mapa é uma das características básicas de um SIG, assim como tratar diversas projeções cartográficas (ASSAD, E.D., SANO, E.E., 1993).

Não existe um SIG comercial exatamente igual a outro: no campo dos Sistemas de Informações Geográficas, a diversidade é regra. Por isso, é importante discutir a anatomia dos SIG's, indicando os principais componentes e perspectivas de evolução.

2.3.3 Anatomia Interna de um SIG

Um SIG é formado por interface com o usuário, entrada e integração de dados, funções de processamento gráfico e de imagens, visualização e plotagem e banco de dados geográficos.

Estes componentes se relacionam de forma hierárquica. No nível mais próximo ao usuário, a interface homem-máquina define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um SIG deve ter mecanismos de entrada, de processamento, de visualização e de saída de dados espaciais. No nível mais interno do sistema, um banco de dados geográficos lida com os dados espaciais e seus atributos (ASSAD, E.D., SANO, E.E., 1993).

Todo Sistema de Informação automatizado realiza uma série de funções bem definidas e estabelecidas, ainda que, às vezes, sejam implementadas somente as mais importantes ou as exigidas pelos objetivos e propósitos do sistema.

A função *entrada dos componentes da informação* não só está condicionada pela fonte, como também pelo formato digital ou estrutura dos dados que se tenha assumido.

Outra função dos SIG's muito ligada a anterior é a *edição e correção* da informação geográfica já armazenada e pelos procedimentos de entrada e estocagem dos dados. Para os atributos, armazenados de forma independente, podem ser criadas opções interativas de busca e atualização e, no caso da geometria, através de "display" gráfico, também interativamente, podem ser resolvidos os problemas ou erros de digitalização, sem necessidade de repetir todo o processo.

A função *manipulação da informação* acontece a partir da criação do banco de dados e consiste em proporcionar diferentes opções de seleção, análise, cálculos e outras, através de interação com o usuário.

A última função analisada é a de *saída*. Neste procedimento estão incluídas as saídas tradicionais de qualquer sistema de informação automatizado, tais como relatórios, textos, resultados de busca seletiva, etc., por meio de impressora de linhas ou pontos. Mas também, e em destaque, está a saída gráfica, principalmente os mapas. Trata-se nada mais que reproduzir de forma automatizada, partindo da imagem digital à imagem gráfica, utilizando

periféricos de saída próprios para isto, como são as telas de microcomputadores, as impressoras de pontos e os traçadores gráficos (“plotters”).

2.3.4 Informação Geográfica em SIG's

A sigla SIG pretende designar “informações geográficas”. No entanto, este termo é muito amplo e merece uma definição mais precisa.

Informação Geográfica é uma informação relativa a um objeto ou a um fenômeno da superfície terrestre, descrita por sua natureza, seu aspecto e seus atributos; essa descrição pode incluir relações com outros objetos ou fenômenos e sua localização sobre a superfície terrestre descrita por um sistema de referência (DENEGRÉ, J. et al., 1996).

A seguir apresentam-se as fontes mais comuns, assim como as principais técnicas usadas para representar a informação.

2.3.4.1 Fontes de Dados Espaciais

Um SIG é alimentado por informações de fontes diversas, entre as quais as mais freqüentes são levantadas em campo, em cadastros, em mapas e em dados de sensores remotos.

Para exemplificar, pode-se citar alguns tipos de dados levantados em campo:

- a) amostragens: estes dados são amostrados em vários pontos do terreno; após introdução no computador, são analisados de modo a reconstruir as características da variável no espaço e a encontrar diversos parâmetros, ex.: teor em minerais, temperatura, precipitação;
- b) censos: visam identificar todos os indivíduos de uma população a partir da coleta de informações de um certo número de indivíduos.

Cadastros podem constituir uma fonte de dados para SIG's quando suas informações são tratadas no contexto espacial. Ex.: cadastros urbanos.

Mapas permitem representar características genéricas do espaço, como as cartas produzidas pelo mapeamento sistemático e, também, características de disciplinas específicas como, por exemplo, cartas geológicas e mapas de aptidão agrícola. Estas informações podem ser introduzidas nos SIG's através de várias técnicas, tais como: mesas digitalizadoras, scanners e aquisição de mapas digitais.

Dados de sensores remotos são, por exemplo, fotos aéreas e imagens de satélites. Fotos aéreas são usadas freqüentemente para restituição fotogramétrica e interpretação visual. Imagens de satélite interessam pelas suas características de natureza espectral e temporal e podem ser manipuladas através das técnicas tradicionais de interpretação visual ou com o auxílio de tratamento digital de imagens.

2.3.4.2 Estruturas da Informação

As operações de manipulação em SIG's requerem a utilização de técnicas especiais para a organização dos dados, os quais podem ser subdivididos em dois tipos principais: dados geométricos e dados não geométricos.

Dados geométricos possuem características diversas, tais como:

- a) posicionais: caracterizam a posição de um objeto, por exemplo: a fronteira entre dois estados e um ponto de coleta de uma amostra mineral;
- b) topológicas: caracterizam relacionamentos de vizinhança ou de conexão entre objetos, por exemplo: dois municípios divididos por um rio ou duas cidades conectadas através de uma malha viária;

- c) amostrais: caracterizam valores de grandezas físicas ou de outras propriedades de um ponto ou de uma região, por exemplo: o valor da altura de um ponto, num modelo numérico de elevação.

De uma maneira simplificada, dados geométricos são comumente diferenciados em dois tipos: dados “*raster*” e dados “*vetoriais*”:

- a) dados raster: descrevem características do espaço quanto a uma propriedade e correspondem à divisão da área numa matriz de células (ou pixels), a cada uma das quais é atribuído um valor. Exemplos podem ser imagens de satélite e mapas temáticos codificados na forma de uma malha quadriculada;
- b) dados vetoriais: descrevem objetos na forma de vetores de pontos. Exemplos podem ser mapas de fronteiras de municípios e mapas de redes viárias.

Dados não geométricos são atributos de objetos ou informações auxiliares que descrevem características não geométricas. Para manipulação destes dados, geralmente são usados bancos de dados convencionais.

2.3.5 Manipulação dos Dados em SIG's

A manipulação dos dados num SIG compreende vários aspectos, tais como:

- a) recuperação de dados: segundo critérios de natureza espacial e não espacial;
- b) manipulação de dados raster e dados vetoriais através de operações tais como: determinação do polígono envolvente, união de áreas, interseção, cálculo de distância e área, reclassificação, conversão vetor-raster e raster-vetor;

- c) manipulação em MNT através de operações, tais como: cálculo de contornos, cálculo de perfis, cálculo de visibilidade, cálculo de volume, cálculo de caminho de mínimo custo, etc.;
- d) processamento digital de imagens, através de realce por modificação de histograma, filtragem espacial, classificação estatística por máxima verossimilhança, etc.;
- e) manipulação de mapas através da composição de um ou mais mapas para formar um novo mapa;
- f) geração de documentos e cartas através da geração de relatórios e produção de mapas em dispositivos como “plotters”, impressoras gráficas, etc., definindo legendas, títulos e convenções cartográficas.

2.3.6 Qualidade dos Dados em SIG's

As diferentes etapas de trabalho num SIG produzem alterações nos dados armazenados. Todo processo, desde a coleta e a entrada de dados, até as operações de manipulação e saída criam erros que alteram a qualidade dos dados e fazem com que a confiabilidade das informações seja afetada.

A seguir apresentaremos algumas fontes de erros considerando dados de natureza espacial (ALVES,D.S., 1990).

a) Fontes de erros óbvios:

- idade dos dados;
- cobertura da área de estudo insuficiente;
- escala dos mapas;
- densidade das observações;
- representatividade dos dados;
- conversão de formatos (durante intercâmbio de dados);

- possibilidade de acesso;
 - custos.
- b) Erros resultantes de variações naturais ou de medição:
- precisão de posicionamento;
 - precisão de conteúdo (qualitativo e quantitativo);
 - variação devida à entrada e saída dos dados, erro de observação e variação natural.
- c) Erros produzidos pelo processamento:
- erros numéricos nos computadores;
 - erros metodológicos (lógica e sobreposição);
 - problemas de classificação e generalização: metodologia, definição de intervalos de variação e interpolação.

2.4 PROGRAMAÇÃO ORIENTADA A OBJETO

Programação Orientada a Objeto (POO) é um conceito novo em programação. Esta nova maneira de ver o mundo através de objetos que se comunicam entre si revolucionou a programação e trouxe muitas vantagens. Entre estas vantagens pode-se citar a aproximação com a realidade, uma maior facilidade na programação, a criatividade e muitas outras que a programação estruturada não oferece.

2.4.1 Abstração e Representação

O mecanismo básico utilizado para a realização da análise do domínio da aplicação é a *abstração*, através da qual um indivíduo observa a realidade (domínio) e procura capturar sua estrutura (abstrair entidades, ações, relacionamentos, etc., que forem consideradas relevantes para a descrição

deste domínio). O resultado deste processo de abstração é conhecido como *Modelo Conceitual*.

Por um processo de *representação* este modo conceitual pode, então, ser materializado segundo alguma convenção (um desenho, uma maquete, um texto, um diagrama, etc.). No caso específico da informática, as representações mais convencionais são as linguagens de programação e as notações auxiliares na forma de diagramas e figuras.

2.4.2 Objetos

Considere um domínio de aplicação específico como uma casa típica. Sob certo sentido ela pode ser vista como uma composição de entidades tais como:

- João - o pai (que é uma Pessoa)
- Maria - a mãe (que é uma Pessoa)
- Pedro - o filho (que é uma Criança)
- Xpit - um Cachorro
- Xbeta - uma Cadela

Nela há, também, vários outros objetos como:

- cômodos - salas, quartos, banheiros, etc.
- móveis - mesas, cadeiras, etc.
- louças - xícaras, pratos, talheres, etc.
- decorações - quadros, tapetes, etc.

2.4.2.1 Objetos Concretos e Objetos Abstratos

Um objeto é, então, cada uma das entidades identificáveis num dado domínio de aplicação. Alguns destes objetos são *objetos concretos*, a exemplo

dos citados acima. Contudo, há também *objetos abstratos* tais como: endereço, estilo da casa (colonial, moderno, etc.) e valor (em unidade monetária).

2.4.2.2 Agregação e Decomposição

Sob certo sentido, um objeto pode ser visto como um agregado de outros objetos (suas partes). Numa casa típica, por exemplo, pode-se visualizar vários objetos que a compõem, conforme demonstrado no diagrama abaixo:

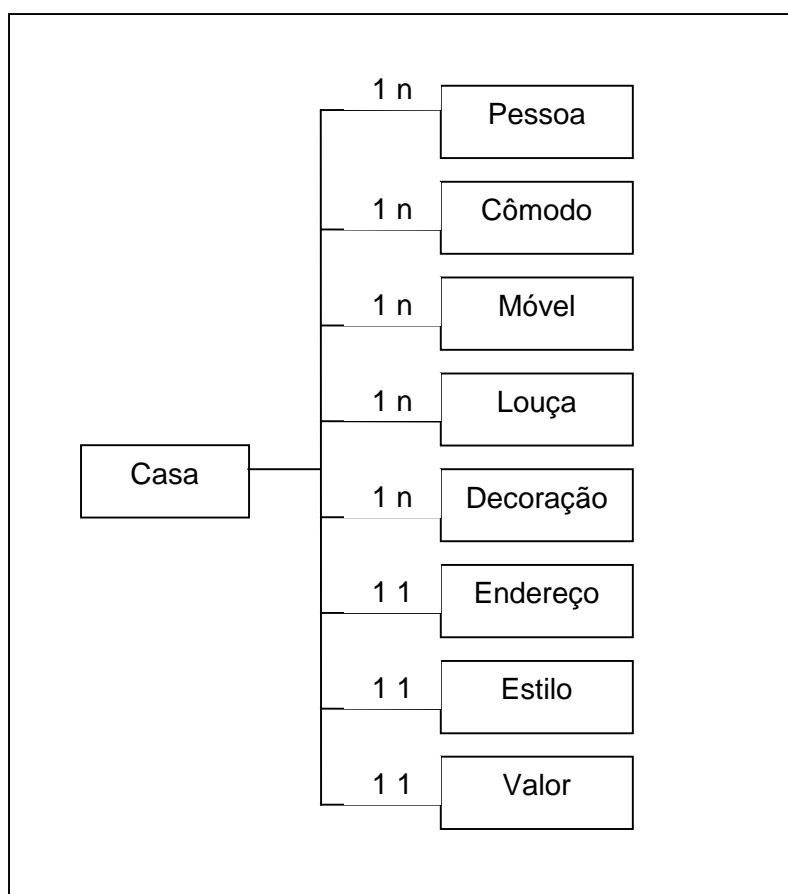


Figura 2.1 – Agregação e Decomposição

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Este diagrama mostra que um objeto *casa* é composto por vários outros objetos. A relação entre uma casa e suas partes componentes pode ser lida como:

- uma casa < é composta por >...
- uma casa < é um agregado de >...
- uma casa < é decomposta em >...

e apresenta uma visão *todo* -> *parte*, ou seja, do objeto mais complexo para as partes que o compõe.

Uma mudança rápida de perspectiva possibilita um outro tipo de afirmações:

- o endereço < é parte da > casa
- os móveis < são parte da > casa
-

Em realidade estes dois tipos de relacionamento (< é composta por > e < é parte de >) são precisamente o mesmo, mudando apenas a perspectiva de observação: todo -> parte ou parte -> todo.

2.4.2.3 Cardinalidade de uma Relação

A relação existente entre o objeto *casa* e o *objeto* endereço é uma relação de *um para um* (uma casa possui um único endereço e um endereço identifica uma única casa). Já a relação entre uma casa e seus cômodos é uma relação de *um para vários* (1:n - uma casa possui vários cômodos ou de forma inversa, há vários cômodos numa casa).

Esta medida é chamada de *cardinalidade da relação*, a qual pode assumir valores como:

- 1:1 - um para um
- 1:2 - um para dois
- 1:n - um para vários
- n:1 - vários para um

- n:n - vários para vários

2.4.2.4 Hierarquia de Agregação/Decomposição

Considerando um endereço típico:

- Rua das Acácias, 211 - bloco B - apto. 907
- Trindade
- 88022-500 - Florianópolis - SC

Em certas circunstâncias o endereço de uma casa pode ser tomado como um objeto monolítico (como um todo). Em outros contextos, contudo, ele pode ser melhor tratado pela identificação das partes que o compõe:

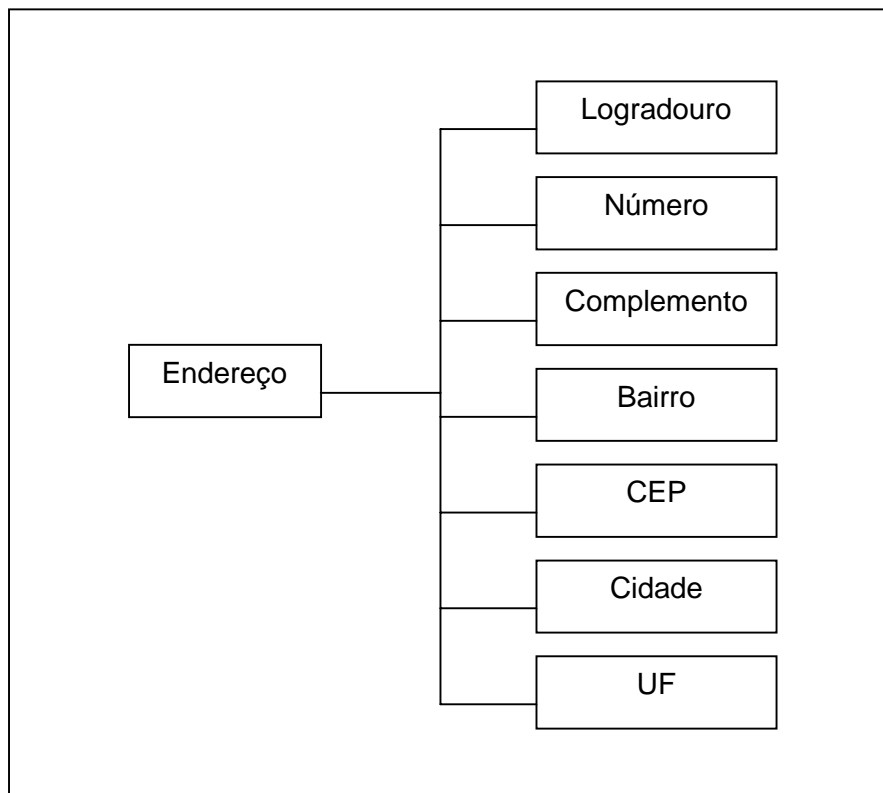


Figura 2.2 – Hierarquia de Agregação e Decomposição (a)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

A reunião desta nova visão de um endereço com a descrição anterior da casa possibilita a construção de uma hierarquia de agregação/decomposição conforme exemplificado a seguir:

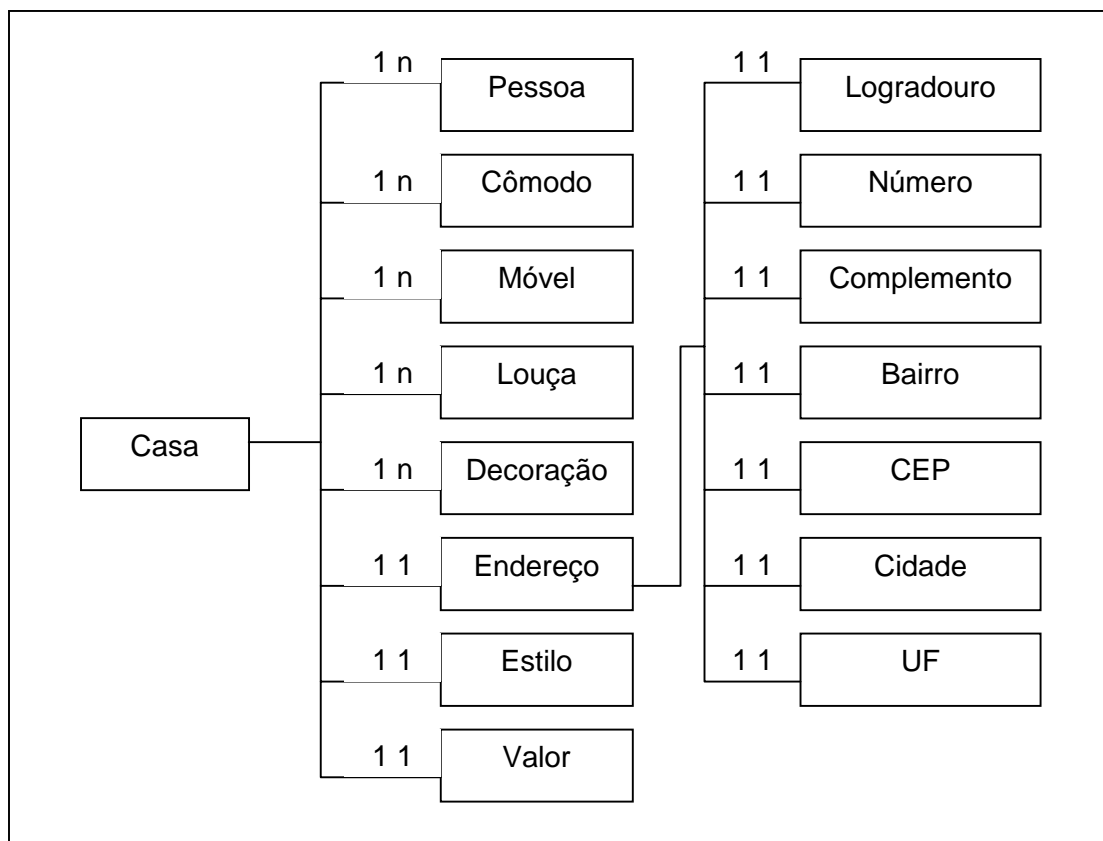


Figura 2.3 – Hierarquia de Agregação e Decomposição (b)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Uma visão diferente, porém equivalente, desta hierarquia é dada pelo esboço a seguir:

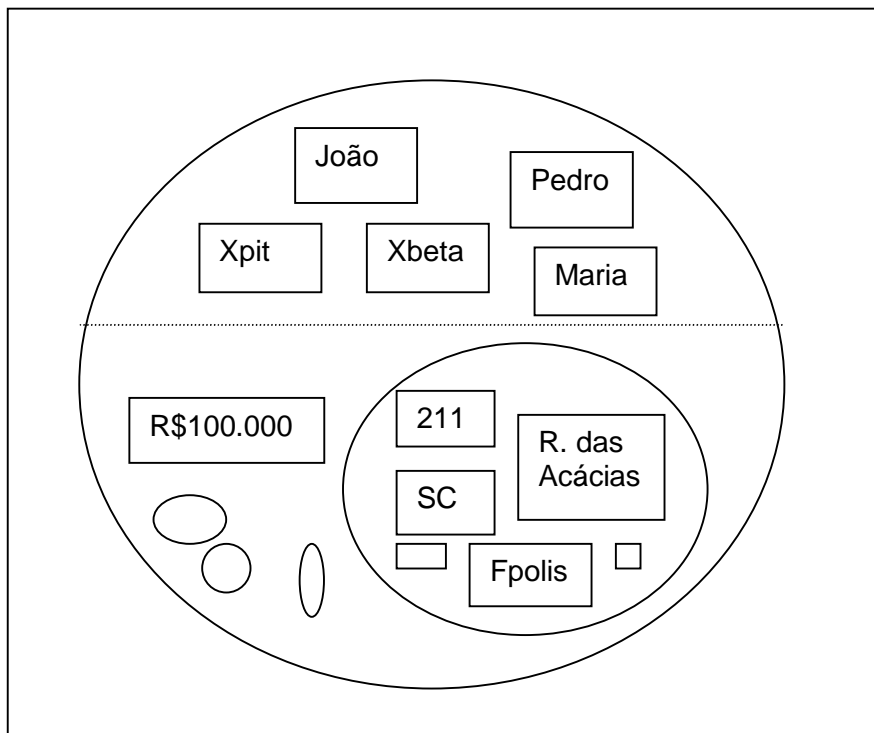


Figura 2.4 – Hierarquia de Agregação e Decomposição (c)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

A identificação de um objeto pela descrição de sua *hierarquia de agregação/decomposição* não é tão incomum. Aliás, um observador atento notará que ela pode ser tomada como base para descrição de qualquer objeto, a exemplo de:

- Universo
- Carro
- Pessoa
- Universidade
- Célula

2.4.2.5 Contextos de Observação

Conforme mencionado anteriormente, o endereço ora pode ser considerado um objeto monolítico, ora como um agregado de objetos mais simples. O uso de uma ou outra perspectiva é em grande parte dependente do domínio da aplicação, ou seja, do contexto em que a discussão esta inserida. Por exemplo, uma pessoa típica. Sob a perspectiva de um médico uma pessoa pode ser decomposta segundo sua anatomia:

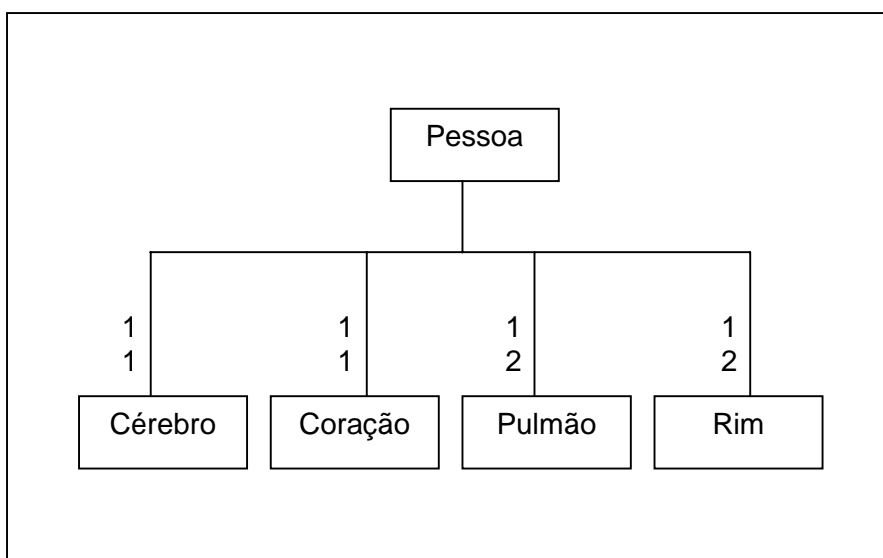


Figura 2.5 – Contexto de Observação (1a)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Mas para um comerciante esta mesma pessoa é vista segundo uma perspectiva bastante diferente:

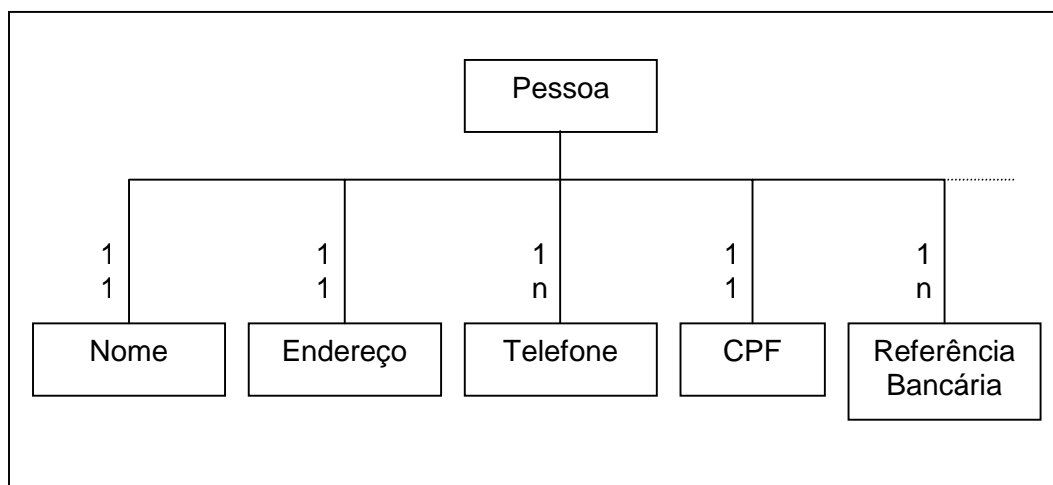


Figura 2.6 – Contexto de Observação (1b)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Mesmo sob a perspectiva de um médico uma pessoa pode ser descrita de diferentes formas. O diagrama para a hierarquia de agregação/decomposição apresentado a seguir diverge dos apresentados anteriormente:

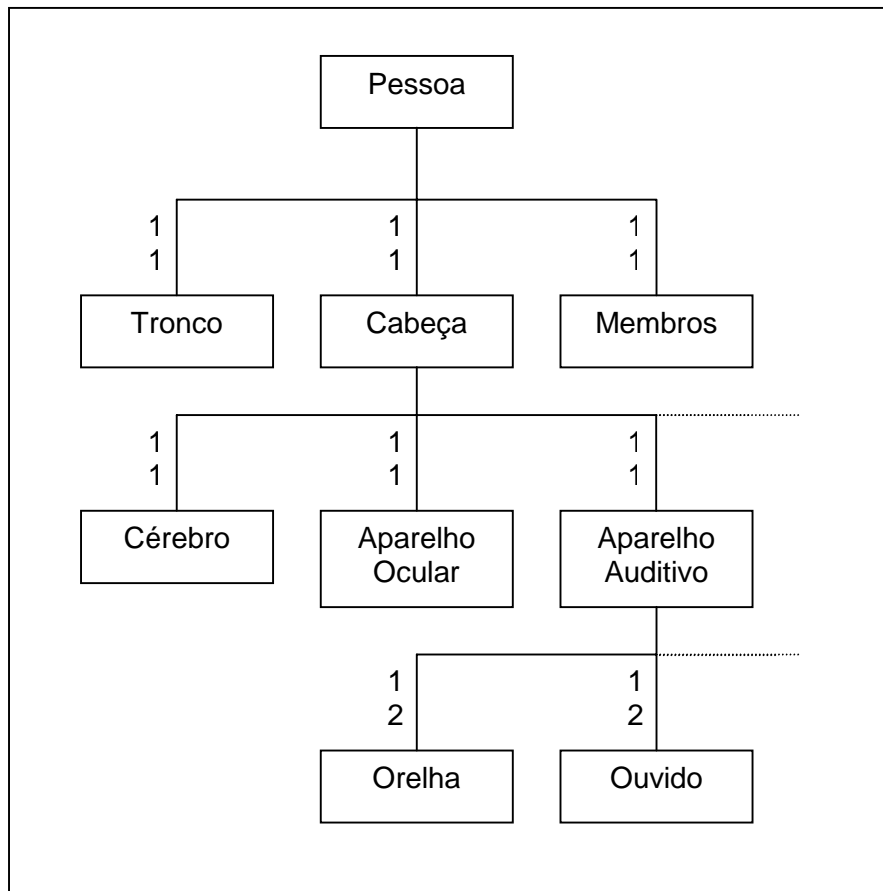


Figura 2.7 – Contexto de Observação (1c)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

2.4.3 Ações

Um objeto pode ser descrito pela identificação de dois elementos básicos: sua estrutura e seu comportamento. A estrutura de um objeto é *hierarquia de agregação/decomposição*. Já seu comportamento pode ser descrito por identificação das ações a eles inerentes.

Considerando um videocassete típico: Quando visto sob a perspectiva de sua estrutura, nota-se que ele é composto por um número bastante grande de componentes eletromecânicos, os quais compõem seus mecanismos básicos de:

- tração da fita
- gravação/reprodução de sinal
- conexão com outros dispositivos
- etc.

2.4.3.1 Encapsulamento/Ocultamento de Informações

Nota-se, contudo, que a estrutura do videocassete está protegida por uma carcaça. Este *encapsulamento* previne manipulações incorretas do equipamento, propiciando uma maior garantia da integridade interna do videocassete. Desde que o lacre de garantia não seja rompido, o fabricante garante seu correto funcionamento em condições normais de uso.

Este encapsulamento induz, também, um certo *ocultamento* da estrutura interna do videocassete. Em realidade boa parte dos usuários não faz idéia de como é realmente um videocassete ou de quais são os processos que estão envolvidos quando da reprodução de uma fita. Mas isto não os impede de utilizar o equipamento em sua plena funcionalidade, bastando apenas que ele saiba interagir com sua interface externa. O conhecimento da estrutura interna só se faz necessário quando se for proceder a reparos, ou nos casos em que explicitamente se deseje desvendar o equipamento.

Este mecanismo do encapsulamento e ocultamento da estrutura interna é bastante comum.

2.4.3.2 A interface com o Mundo Exterior

Apesar do usuário não precisar conhecer a estrutura interna e o funcionamento detalhado de um videocassete ele é capaz de interagir com o equipamento. É necessário, apenas, que ele conheça a interface de interação que o construtor disponibilizou. No caso de um videocassete esta interface de interação é composta por um conjunto de botões (que define seu comportamento) e por um conjunto de conectores (que possibilitam a conexão

do vídeo a outros equipamentos como: televisão, computador, câmara de vídeo, etc.). Algumas atividades disparadas por pressão de botões são:

- iniciar a reprodução de uma fita
- iniciar a gravação de uma fita
- para a reprodução/gravação de uma fita
- avançar a fita
- rebobinar a fita
- ejetar a fita
- etc.

2.4.3.3 Mensagem x Ação

Considerando que haja duas pessoas, um *Emissor* e um *Receptor*. Quando o Emissor envia uma *mensagem* para o Receptor, duas situações podem ocorrer quando o Receptor for decodificá-la:

- ele reconhece a *ação* envolvida e inicia sua execução;
- ele não reconhece a *ação* envolvida, gerando uma situação de conflito.

2.4.4 Classes

Falando sobre *objetos* foram usados nomes como João, Maria e Pedro, os quais denotam objetos específicos, neste caso as pessoas que habitam uma casa.

Também aparecem os nomes Xpit e Xbeta que denotam outros dois objetos bem particulares: os dois cães que também moram na casa.

Numa casa típica há, também, vários outros objetos para os quais em geral não há designação específica que os identifique (referencie) individualmente. É o caso das louças, móveis, etc.

2.4.4.1 Distinção entre Classes e Objetos

Frases como “Xpit está lá no jardim brincando com Pedro” há referências a objetos específicos. Neste caso não há dúvidas sobre a identidade dos objetos que estão sendo referenciados: o cão de nome Xpit e a criança de nome Pedro.

Uma segunda forma de se referenciar objetos pode ser obtida por construções como: “o cão é amigo do homem”. Neste caso as palavras *cão* e *homem* não referenciam nenhum objeto específico como no caso anterior. Estas palavras estão sendo usadas para referenciar aqueles objetos que possuem características de cães e homens, respectivamente, ou seja, aqueles objetos que possam ser de alguma forma identificados como sendo um cão ou um homem.

Observa-se, então, que existe uma certa categorização (classificação) dos objetos que são xícaras, outros que são cães, outros que são pessoas, etc. Estas categorias (*classes*) agrupam os objetos com base em algum conjunto de propriedades comum a todos estes objetos. Para exemplificar, consideremos que os cães são objetos que têm as seguintes propriedades: pêlos, rabo e que late. Esta visão simplista do que é um cão é suficiente para diferenciá-lo de, digamos, uma xícara, já que é sabido que as xícaras não têm pêlos e tampouco latem.

2.4.4.2 Hierarquia de Especialização/Generalização

Considerando o diagrama a seguir:

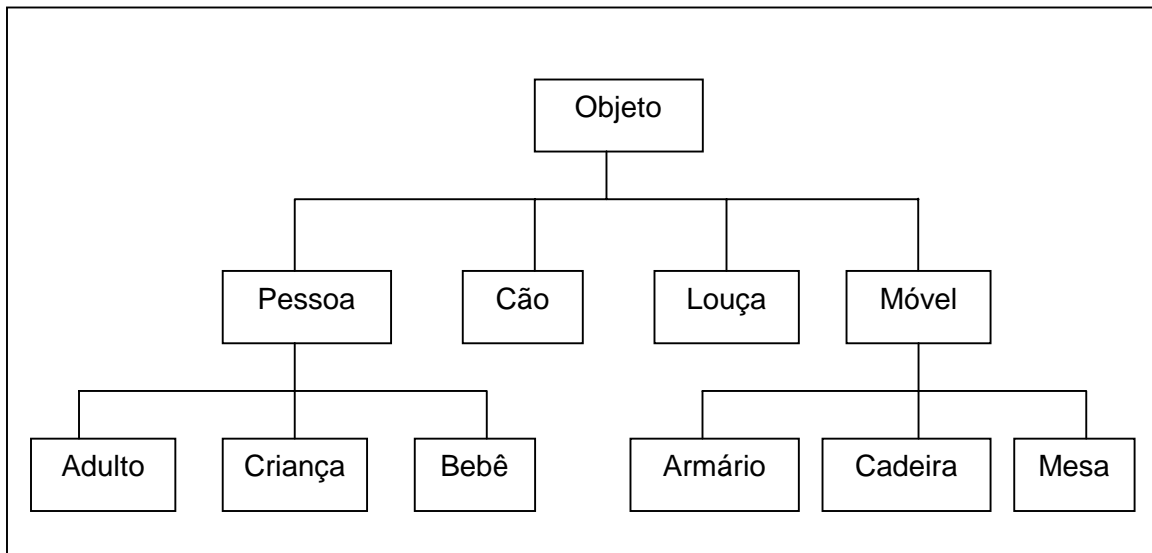


Figura 2.8 – Hierarquia de Especialização e Generalização

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Esta hierarquia difere muito da *hierarquia de agregação/decomposição*. Em vez de dizer que “x <é composto de>” ou que “y <é parte de>....” , aqui diz-se que:

- uma Pessoa <é um> Objeto
- uma Criança <é uma> Pessoa
- um Armário <é um> Móvel

Nesta hierarquia as categorias (*classes*) são tão mais específicas quanto mais abaixo elas aparecem. Louça, por exemplo, é uma classe que denota um grande número de objetos, incluindo os objetos das classes: Xícara, Prato, Copo, etc. Diz-se então, que xícara é uma *especialização (subclasse)* de

Louça, pois ela denota objetos que possuem características mais particulares. De forma similar, a classe Móvel é uma *especialização* da classe Objeto.

Numa perspectiva inversa, as classes são tão mais genéricas quanto mais próximas do topo da hierarquia. Diz-se então que a classe Louça é uma *generalização* (*superclasse*) das classes Xícara, Prato e Copo.

2.4.4.3 Contextos de Observação

Há que se notar que dependendo do contexto (domínio de aplicação) em que está imerso, uma mesma classe pode ser especializada de diferentes formas. Num certo contexto a classe Pessoa, por exemplo, pode ser especializada segundo sua idade nas classes: Adulto, Criança e Bebê.

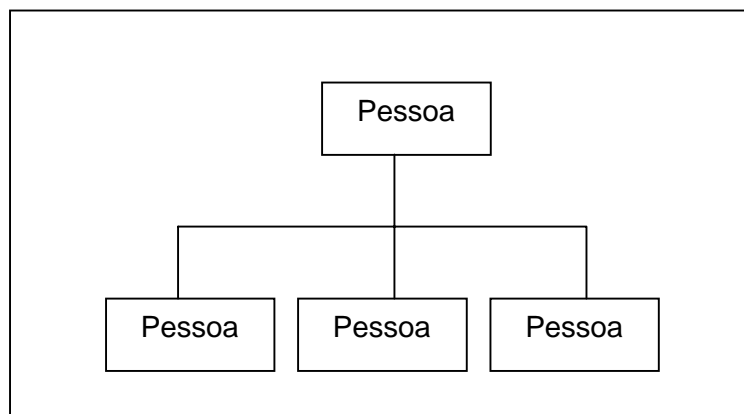


Figura 2.9 – Contexto de Observação (2a)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Em algum outro contexto esta mesma classe pode ser subdividida segundo sua situação administrativa em: Pessoa Física e Pessoa Jurídica.

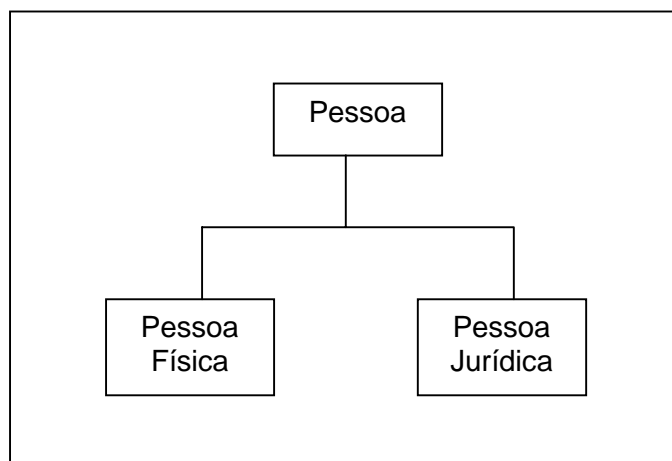


Figura 2.10 – Contexto de Observação (2b)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

O nível de detalhamento (especialização) também pode variar. No caso da classe *Animal*, por exemplo, num dado contexto ela pode ser especializada em: *Cão*, *Gato* e *Homem*.

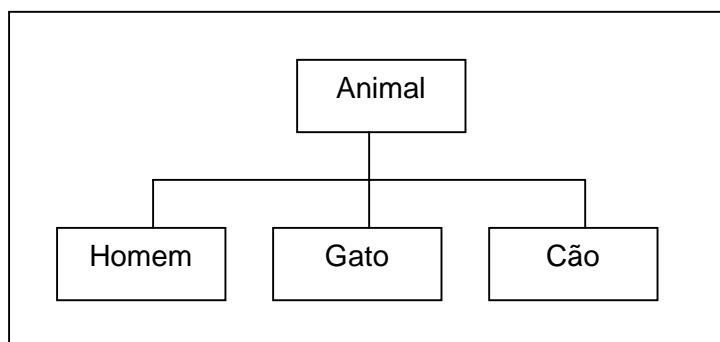


Figura 2.11 – Contexto de Observação (2c)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Contudo, certas aplicações podem exigir um nível maior de detalhamento. Este é o caso clássico de *hierarquia de especialização/generalização*.

2.4.4.3 Herança de Propriedades

Como visto acima, sob o ponto de vista administrativo (no contexto de um banco, por exemplo) a noção de Pessoa geralmente é subdividida (subclassificada) em: Pessoa Física (um ente individual) e Pessoa Jurídica (uma empresa ou sociedade).

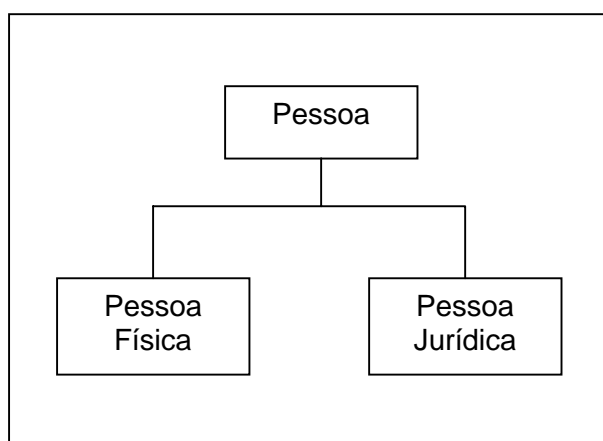


Figura 2.12- Herança de Propriedade (a)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Uma possível descrição da estrutura (hierarquia de agregação/decomposição) de cada uma destas classes poderia ser:

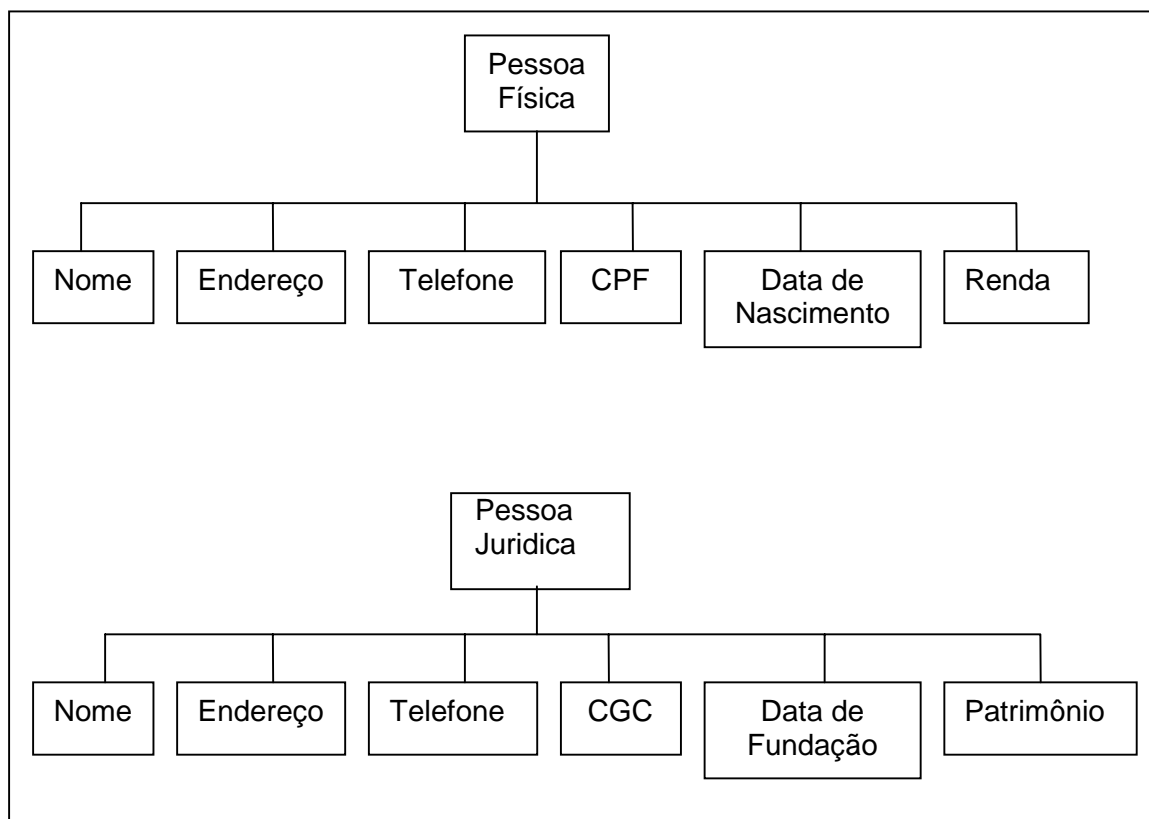


Figura 2.13 – Hierarquia de Propriedades (b)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

As três propriedades mais à esquerda (Nome, Endereço e Telefone) são comuns às duas classes. Como ambas as classes são subclasses da classe Pessoa, estas propriedades podem ser melhor descritas diretamente na classe Pessoa, evitando, desta forma, a repetição observada acima.

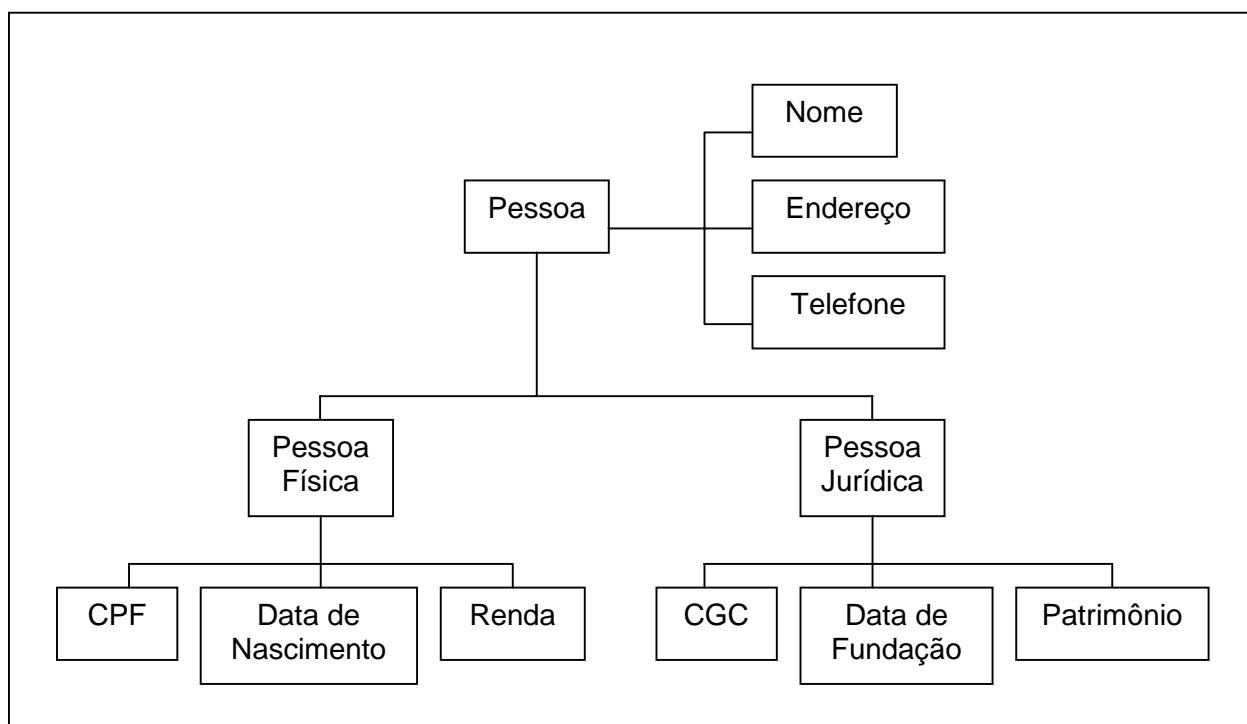


Figura 2.14 – Hierarquia de Propriedades (c)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

O efeito final é o mesmo, ou seja, os objetos pertencentes às classes Pessoa Física e Pessoa Jurídica terão as seis propriedades que lhe são características (as três comuns, mais as três particulares). Isto ocorre em função das classes Pessoa Física e Pessoa Jurídica serem especializações da classe Pessoa e, portanto, *herdarem* as suas propriedades.

A herança de propriedades também vale para as ações. Consideremos a hierarquia de especialização/generalização que segue. Nela está expresso que Mamífero e Ave são subclasses (especializações) de Animal, e que Homem, Gato e Cão são subclasses de Mamífero.

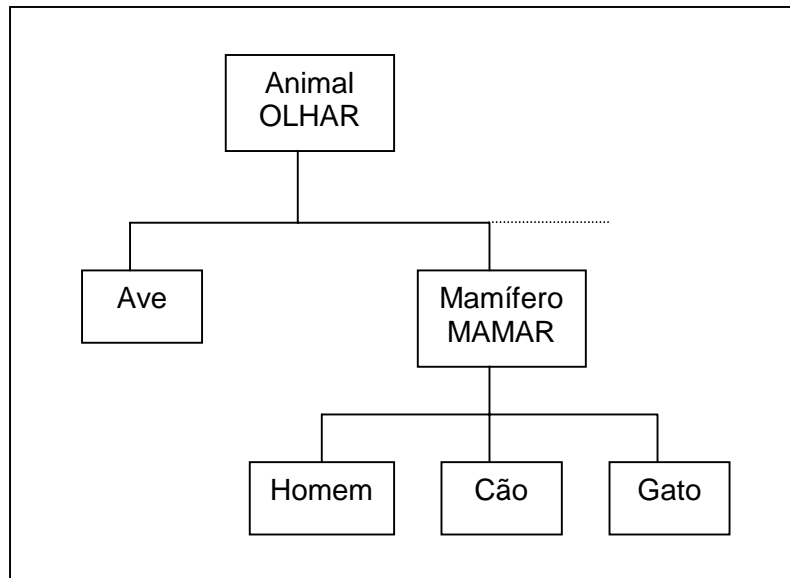


Figura 2.15 – Herança de Propriedade (d)

Fonte: POO/INF/UFSC – 1997.

Uma ação característica de todos os mamíferos é mamar. Sendo assim, descreve-se esta ação diretamente na classe Mamífero, de forma que, por herança, todas as subclasses passam a apresentar esta propriedade. Evita-se, assim, a necessidade de descrever esta ação em cada uma das subclasses de Mamífero. De forma similar, uma ação característica de todos os animais é olhar. Por herança as subclasses imediatas de animal (Ave, Mamífero, etc.) passam a apresentar esta propriedade e, por transitividade, as subclasses destas classes também passam a fazê-lo.

O resultado deste mecanismo de herança de propriedade é que um objeto da classe Cão, por exemplo, inclui em seu comportamento peculiar as ações olhar e mamar, além de outras ações bem particulares que estarão descritas diretamente na classe Cão.

2.5 PROGRAMAÇÃO ORIENTADA A OBJETO SMALLTALK

2.5.1 Histórico - Origens de Smalltalk

Smalltalk é o nome da mais popular linguagem orientada a objetos. A expressão orientada para objetos contrasta com as linguagens de programação convencionais, que são orientadas para programas e dados.

A primeira linguagem a incorporar facilidades para definir classes de objetos genéricos na forma de hierarquia de classes e subclasses foi a linguagem Simula, (BIRTWISTLE, et al., 1973). Simula foi idealizada em 1966, na Noruega, como uma extensão da linguagem ALGOL 60.

Uma classe em Simula é um módulo englobando a definição da estrutura e do comportamento comuns a todas as suas instâncias (objetos). Como o nome indica, é uma linguagem adequada à programação de Simulações de Sistemas que podem ser modelados pela interação de um grande número de objetos distintos.

Smalltalk foi desenvolvida no Centro de Pesquisa da Xerox durante a década de 70 e incorporou, além das idéias de Simula, um outro conceito importante, devido a Alan Kay, um de seus idealizadores: o princípio de objetos ativos, prontos a “reagir” a “mensagens” que ativam “comportamentos” específicos do Objeto. Ou seja, os objetos em Smalltalk deixam de ser meros “dados” manipulados por “programas” e passam a ser encarados como “processadores idealizados” individuais e independentes, aos quais podem ser transmitidos comandos em forma de “mensagens”.

Outras linguagens orientadas para objetos têm sido desenvolvidas, notadamente C++, uma extensão de C, Objective-C, outra extensão de C, Pascal orientada a objetos e mais recentemente TOLL, no Brasil.

Além da Xerox, que criou a ParcPlace Systems especialmente para comercializar Smalltalk-80 e seus sucedâneos, a Digitalk lançou em 1986 uma versão de Smalltalk para ambiente DOS e, mais recentemente, a versão para

Windows, o que contribuiu para uma maior difusão da linguagem (DIGITALK 1988 e 1992).

Smalltalk, assim como outra linguagem orientada a objetos, tem sido usada em aplicações variadas onde a ênfase está na simulação de modelos de sistemas, como automação de escritórios, informática educativa, instrumentos virtuais, editores de texto e banco de dados genéricos, etc. Tais aplicações diferem substancialmente daquelas em que a ênfase está na resolução de problemas através de algoritmos, tais como problemas de busca, otimização e resolução numérica de equações. Para essas aplicações, é mais adequado o uso de linguagens algorítmicas convencionais como Pascal, Algol e Fortran.

2.5.2 Conceitos Básicos

A seguir são apresentados os principais conceitos que caracterizam a programação orientada para objetos em Smalltalk:

- a) Todos os elementos do sistema são objetos. Todo objeto é uma instância de uma classe.
- b) Cada objeto, além de possuir uma estrutura de dados particular, é ativo, no sentido de que reage a mensagens que lhe são enviadas, retornando um valor, que também é um objeto.
- c) Para cada classe, suas instâncias “compreendem” apenas mensagens que fazem parte do seu protocolo de comunicação, rejeitando as demais. A cada mensagem corresponde um método específico, que fica localizado na classe.
- d) Qualquer componente de um objeto só pode ser acessado, ou modificado, por meio de mensagens especialmente implementadas para tal fim.
- e) Objetos podem ter estruturas bastante gerais e podem ser construídos a partir de outros objetos previamente implementados.

Este mecanismo permite definir, construir e manipular estruturas de grande complexidade.

- f) Toda a computação em Smalltalk obedece ao mesmo paradigma de classes, objetos e mensagens, formando um ambiente uniforme e integrado. Essa característica torna possível que uma classe, uma vez definida, possa ser utilizada em diversas aplicações, estimulando a criação de classes de utilidade ampla.
- g) Smalltalk é uma linguagem extensível. Ela permite criar novas classes e, para cada classe existente, permite adicionar ou retirar métodos. Isso significa que o sistema pode ser ampliado e modificado, mantendo sempre sua uniformidade.

2.5.3 Hierarquia de Classes

2.5.3.1 Classes e Subclasses

Uma das mais importantes características da linguagem Smalltalk é a possibilidade de organizar a informação no computador em uma hierarquia de abstrações de forma semelhante à utilizada pela mente humana para lidar com a complexidade do mundo.

Um exemplo bem conhecido é a classificação dos animais em uma hierarquia de categorias. A cada categoria corresponde um conjunto de características específicas que a distingue das demais do mesmo nível. Além disso, cada categoria partilha também de todas as características específicas dos níveis acima dela.

O exemplo abaixo ilustra a hierarquia do Reino Animal, organizada em subcategorias chamadas filos, classes, ordens, famílias, gêneros e espécies. Ao lado de cada categoria, aparecem algumas de suas características específicas:

ANIMAL (reino)- sistema digestivo, movimento
 VERTEBRADO (filo)- coluna vertebral
 MAMÍFERO (classe)- fêmeas amamentam
 ROEDOR (ordem)- incisivos compridos
 CIURÍDEO (família)- cauda peluda
 ESQUILO (gênero)- trepam em árvores
 ESQUILO-VERMELHO (espécie)- vermelho
 ESQUILO-CINZA (espécie)- cinza
 :
 TÂMIA (gênero)- possuem listas, fazem túneis
 :
 MURÍDEO (família)- cauda comprida
 RATO (gênero)- peso 300 a 500gr
 :
 :
 CAMUNDONGO (gênero)- peso 15 a 30gr
 (instância: Mickey)

Através deste exemplo pode-se observar, também, a diferença essencial entre os conceitos de categoria e instância de categoria. Um determinado camundongo (ex. Mickey) é uma instância do gênero camundongo. Como tal, Mickey é um objeto e, além das características próprias de sua categoria (ex. peso de 15 a 30gr), possui também todas as características das suas super categorias, a saber, cauda comprida (murídeo), incisivos compridos (roedor), etc.

O ato de classificar os conceitos em uma hierarquia é que permite que as características partilhadas por vários sub-conceitos sejam associadas a um conceito comum o que simplifica muito a manipulação intelectual de uma grande quantidade de conhecimentos.

Em Smalltalk, todas as informações são organizadas de forma similar, em uma hierarquia de classes e subclasses. Cada classe implementa as características estruturais, bem como o protocolo de comunicação (mensagens), comum a todos os objetos da classe. Cada subclasse, por sua vez, só precisa implementar aquelas características que a diferenciam das demais.

No topo da hierarquia está a classe Objeto, onde são definidos os protocolos comuns a todos os objetos do sistema. Quanto mais alta uma classe está na hierarquia, tanto mais gerais são as características que ela representa. Quanto mais baixa, mais específicas são suas características.

2.5.3.2 Herança de Características pelas Subclasses

Quando uma classe é definida em Smalltalk, ela é sempre declarada como uma subclasse de alguma classe preexistente, que passa a ser a sua super-classe. Toda classe herda (incorpora) automaticamente todas as características da sua super-classe.

Além de herdar as características da super-classe, cada classe pode implementar características adicionais próprias para as suas instâncias, na forma de novas mensagens e métodos e de novos componentes na sua estrutura de dados, podendo, ainda, redefinir métodos já existentes acima na hierarquia.

2.5.3.3 A Classe Object

Object é uma classe abstrata que implementa o protocolo comum a todos os objetos em Smalltalk. Existem várias mensagens a que qualquer objeto deve responder e que, por isso, se localizam na classe Object. Para qualquer instância de qualquer classe que receba uma dessas mensagens, um mesmo método será ativado. Algumas das situações comuns a todos objetos são:

- a) Testar a funcionalidade de um objeto (saber a que classe pertence, ou se responde a uma determinada mensagem).
- b) Comparar dois objetos quanto à igualdade.
- c) Tratar relações de dependência.
- d) Fazer cópias de um objeto.

e) Tratar situações de erro em que exigem um aviso ao usuário.

2.5.4 Expressões e Métodos em Smalltalk

2.5.4.1 Métodos e Expressões

Como visto nos itens anteriores, toda computação em Smalltalk é ativada pelo envio de mensagens aos objetos do sistema. Ao receber uma determinada mensagem, um objeto ativa o método específico que realiza a computação correspondente.

Métodos são algoritmos em que as ações são especificadas por uma seqüência de expressões Smalltalk separadas por ponto.

Cada expressão retorna sempre um único objeto como resultado. A execução do método termina quando uma expressão é executada, ou após a execução da última expressão da seqüência. Em Smalltalk não existe a noção de comando diferenciada da noção de expressão.

2.5.5 Classes Básicas da Linguagem Smalltalk

Smalltalk é uma linguagem extensível e uniforme em que todos os conceitos são implementados como objetos de alguma classe. Pode-se dividir o conjunto das classes em dois subconjuntos maiores: o das classes que são, normalmente, fornecidas com a linguagem e o das classes que são implementadas pelos usuários para suas aplicações específicas. Do primeiro grupo fazem parte cerca de 100 classes, que incluem desde as classes mais fundamentais, como *Number* e *Boolean*, até classes mais sofisticadas, como *Animation*, que representa objetos gráficos animados. O conjunto de classes que são fornecidas com a linguagem forma a chamada Imagem Virtual do Sistema (“Virtual Image”).

2.5.6 Contribuições para a Engenharia de Software

O paradigma da programação orientada para objetos pode trazer contribuições para a solução de alguns problemas da Engenharia de Software,

mostrando que muitos desses problemas podem advir do uso de modelos inadequados de programação.

2.5.6.1 Reutilização de Software

Smalltalk (e outras LOO's) estimula de forma natural a reutilização de software. Sendo um ambiente integrado de programação, todos os recursos do sistema estão disponíveis de maneira uniforme para qualquer aplicação. A partir do momento em que uma classe é definida e implementada, qualquer aplicação pode utilizá-la diretamente ou definir subclasses específicas para a aplicação, com custo marginal. Por exemplo, basta definir uma vez uma classe "ÁrvoreBinária" e qualquer aplicação pode gerar quantas instâncias dessa classe forem necessárias e utilizar suas propriedades sem necessidade de escrever uma única linha de código.

Esta facilidade permite abordar um projeto de software de forma semelhante à construção de sistemas físicos, isto é, como um objeto complexo constituído pela reunião de diversos objetos pré-fabricados de uso geral, cada qual com estrutura e funcionalidade bem definidas.

2.5.6.2 Confiabilidade, Custos e Manutenção

Como consequência, os custos de produção de cada classe são divididos entre todas as aplicações que dela se utilizam, com redução considerável do custo por aplicação. Por outro lado, aplicações podem ser implementadas em menor prazo devido à redução do esforço de especificação e programação e os produtos resultantes apresentam um maior grau de confiabilidade, já que utilizam classes previamente testadas. Por fim, a manutenção, tanto corretiva como evolutiva, fica grandemente simplificada como resultado do uso de componentes padronizados e pela modularidade da arquitetura do sistema.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Planejamento, como visto anteriormente, é o processo ou conjunto de atos destinados a prever e/ou determinar de forma detalhada todas as ações e tomadas de decisão que possam ser feitas em tempo e lugar certo.

Os SIG's são sistemas utilizados para preservar grandes volumes de dados espaciais derivados de uma variedade de fontes, tais como: censos, sensores remotos, etc. e ter uma recuperação eficiente através da manipulação, análise e demonstração destes dados de acordo com as especificações definidas pelo pesquisador, conforme sua área de interesse. Desta forma pode-se considerar os SIG's como uma importante ferramenta para obtenção dos dados necessários para a prática do Planejamento.

No entanto, não se pode esquecer que o desenvolvimento de um SIG em áreas específicas exige metodologias próprias, que são requisitos importantes para o sucesso do sistema.

O desenho de um SIG é sem dúvida uma tarefa complexa, dependente de muitos fatores e por vezes cara.

3 MODELO CONCEITUAL PROPOSTO

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Em todo o mundo, a terra é usada para fins específicos, como, por exemplo, habitação e indústria. Um dos principais problemas de qualquer cidade é como controlar esses usos de forma tal que a cidade funcione a contento e se desenvolva (ABRAMS, 1972).

Definir o instrumento mais favorável para resolver tais problemas, de forma a assegurar a seus usuários a satisfação de suas necessidades é a principal tarefa dos órgãos governamentais.

No plano territorial as indicações têm essencialmente a intenção de definir as grandes linhas dos objetivos, os problemas a afrontar e os principais endereços para os projetos e os programas integrados que a mesma Região deve promover (GAMBINO, 1996).

Fica, portanto, subentendido que é preciso conhecer os dados do problema (através de pesquisa) e compreendê-lo (através de análise), para equacioná-lo e resolvê-lo. Logo, todo planejamento pressupõe uma pesquisa, uma análise e conseqüentemente uma síntese, noções estas que devem, implicitamente, estar contidas no conceito amplo de planejamento. É a *informação* fundamento básico da *decisão* de resolver os problemas sob planejamento (FERRARI, 1979).

E para prover informações ao gerenciamento e planejamento municipais, ou seja, ao monitoramento do uso do solo, ao monitoramento ambiental, à arrecadação municipal e à implantação de serviços de infraestrutura urbana, os Sistemas de Informações Geográficas destacam-se como uma importante ferramenta.

3.2 PROPOSIÇÃO

Atualmente existem várias iniciativas visando estabelecer os Planos de Controle e Gerenciamento, utilizando Sistemas de Informações Geográficas, envolvendo principalmente áreas municipais.

As potencialidades dessa tecnologia sofisticada de análise e tratamento de informações gráficas e alfanuméricas se aplicam em todas às áreas da administração municipal, tais como saúde, transportes, etc.

Entretanto, montar um Sistema de Informações Geográficas requer um longo tempo e altos custos, e a informação adquirida deve ser cuidadosamente selecionada com base nestas relevâncias. Tais investimentos são justificados somente com respeito a uma grande variedade de usuários e a um sistema com um longo ciclo de vida.

Outro problema bastante significativo refere-se à grande quantidade de dados e recursos oferecidos por este sistema, que nem sempre satisfazem as reais necessidades dos seus usuários.

Em face destes problemas e com o intuito de simplificar esta tarefa, propõe-se o desenvolvimento de um protótipo de um Sistema de Informações capaz de representar a informação necessária a cada usuário, ou seja, a prefeituras de pequeno porte, de forma eficiente, porém com um baixo custo.

Primeiramente, a utilização de um modelo orientado a objeto, modelo MULTIDATA (MDT), para a tarefa de modelar, ou seja, representar o domínio de aplicações caracterizadas por uma variedade de aspectos informacionais, tais como: dados numéricos e descritivos, dados geográficos, regras e estatísticas. Este modelo foi desenvolvido na Universidade de Modena, Itália.

Em segundo lugar, o desenvolvimento de um protótipo de Sistemas de Informações a fim de possibilitar um tratamento mais abrangente dos dados, para posterior análise de procedimentos para estudo, planejamento e tomada de decisão.

E, finalmente, para implementar o Sistema desenvolvido far-se-á uso de parte dos dados que melhor representam a realidade de um município, ou seja, dados de um Cadastro Imobiliário.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Planejar adequadamente é uma tarefa imprescindível para a Administração Municipal.

Devido à realidade tecnológica atual, as prefeituras estão redescobrimdo o valor da informação correta, confiável, atualizada, disponível com agilidade e apresentada de forma conveniente no momento da tomada de decisão.

Embora as possibilidades se mostrem muito abrangentes nesta área, o uso da tecnologia da geoinformação ainda é escasso.

Entretanto, a necessidade de garantir preços competitivos e confiabilidade na distribuição da informação e, conseqüentemente, assegurar e/ou expandir os serviços prestados pelo poder público, mostra que há um grande potencial de uso destes instrumentos.

Neste contexto, o desenvolvimento de um Sistema de Informações voltado para as necessidades específicas de municípios de pequeno e médio porte pode influenciar de maneira decisiva e positiva as atividades relacionadas ao gerenciamento municipal, pois permite a tomada de decisões baseada em quantidade maior de informação e na comunicação interdisciplinar.

4 MODELO MULTIDATA (MDT)

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo serão apresentadas as principais características do Modelo Multidata – MDT, assim como uma exemplificação de aplicação prática do mesmo, com a finalidade de validar a sua utilização na tarefa de representar as informações necessárias para a modelagem de Sistemas Informativos.

4.2 MODELO MULTIDATA - MDT

A atual evolução dos sistemas de modelagem e o desenvolvimento de softwares levaram a idealização de um instrumento através do qual seja possível, de modo interativo e simples, representar e modelar o conhecimento em análise com a linguagem MDT.

Tal software, denominado MDT Builder, foi realizado no ambiente Windows 3.1 através de uma das linguagens orientadas a objetos mais difundidas no mercado europeu, SMALLTALK, já apresentada em capítulo precedente.

Este software foi desenvolvido no Departamento de Ciências da Engenharia da Universidade de Modena, Itália, sob a coordenação do Prof. Flavio Bonfatti.

O modelo MDT adapta os princípios básicos do paradigma orientado a objeto, introduzindo novos conceitos de *objetos complexos* e *leis* para superar os limites das tradicionais linguagens orientadas a objeto.

No modelo MDT o conhecimento vem subdividido em três formas de representação: os *objetos*, os *valores* e as *leis*.

No modelo MDT um *objeto* pode ser representado através de seus atributos (isto é, como no modo clássico, conforme os outros instrumentos de

modelagem), mas, também e, sobretudo, por meio de *leis*, que são capazes de exprimir um maior nível de conhecimento.

Têm uma estrutura de *objeto*, todos os elementos do modelo que constituem entidades autônomas, por exemplo, em Geologia, a Formação é um objeto.

Têm a estrutura de *valor*, todos os elementos do modelo que descrevem uma propriedade de um objeto.

As *leis* descrevem condições que devem ser verificadas a fim de que a representação seja coerente.

4.3 A LINGUAGEM MULTIDATA

O objetivo da utilização do modelo MDT é a representação do conhecimento adquirido, propondo uma organização formal mais rigorosa do sistema.

Para melhor compreensão do exposto acima serão descritos a seguir os princípios básicos da linguagem Multidata.

4.3.1 Objetos Simples e Complexos

No modelo MDT um objeto é uma representação das propriedades e do comportamento de uma entidade que assume relevância nas observações da realidade. As primeiras são codificadas sob a forma de atributos e componentes, enquanto a segunda através da definição das leis. O que distingue os atributos dos componentes é a tipologia do domínio sobre os quais são mapeados: um atributo é instanciado sobre um conjunto de valores e representa, portanto, uma característica física do objeto; um componente faz referimento a um outro objeto, exprimindo a existência de um relacionamento entre este último e o objeto do qual é componente.

No modelo MDT o *objeto complexo* representa, portanto, o instrumento mediante o qual vêm explicitadas as relações entre as diversas entidades.

Objetos simples são aqueles constituídos exclusivamente de atributos. *Objetos complexos* são aqueles nos quais aparece ao menos um componente. Não há significado a declaração de objetos privados seja de atributos ou de componentes. A singularidade de um atributo ou de um componente é expressa através da palavra chave *unique*, a obrigatoriedade, através da palavra chave *mandatory* (no caso dela não existir se coloca o valor *null* na presença de um atributo e *nil* na presença de um componente).

Objetos simples são introduzidos pela palavra chave *object*, enquanto objetos complexos são introduzidos pela palavra chave *cmplxObject*.

EXEMPLOS:

a) Objetos simples:

- *object* Estudante

Nome, sobrenome: *string*

Data_de_nascimento: (1900 to 2100)

Residência: Endereço

Matrícula: *integer*

- *object* Docente

Nome, sobrenome: *string*

Data_de_nascimento: (1900 to 2100)

Residência: Endereço

Qualificação: (Ordinário, Associado, Contratado)

b) Objetos complexos:

- *cmplxObject* Curso

Disciplina: Matéria

Sala: (1 to 200)

Professor: Docente

Inscritos: *setof* Estudantes

Código_curso: *integer*

- *cmplxObject* Exame

Nome: Curso

Candidato: Estudante

Voto (0 to 33)

Estudante e docente são objetos simples, porque são formados somente de atributos. Curso é um objeto complexo porque é formado pelos componentes Professor e Inscritos, que representam respectivamente a relação um-a-um existente entre os titulares do curso e os docentes e relação um-a-muitos presente entre o curso e os estudantes que o freqüentam. Também Exame é objeto complexo; exprime uma ligação do tipo um-a-um entre o estudante que presta o exame e o curso daquela determinada matéria.

4.3.2 Objetos Virtuais

Para representar a existência de uma ligação entre dois objetos, independentemente do contexto em que se encontram, recorre-se ao *objeto virtual*. Desta forma pode-se representar as características de regularidade que se encontram na realidade do objeto modelado. Um objeto virtual pode derivar ou não dos atributos ou componentes e necessita ter ao menos uma lei para que não seja privado de significado.

Objetos virtuais são introduzidos da palavra chave *virtualObject* e representam uma condição que deve ser verificada sobre todas as instâncias de mais objetos introduzidos pela palavra chave *as*.

EXEMPLOS:

*object*Exame_Superado *as* C:Curso, E:Exame

Válido: *boolean*

lawson Exame_Superado

L1:Válido \Leftrightarrow ((E.Candidato *in* C.Inscritos) and (E.Voto *ge* 18));

Os objetos Curso e Exame são os componentes principais. A relação entre estes objetos se verifica no fato que, para que o exame seja válido, o candidato deve estar inscrito no curso e deve ter superado o exame com votação ao menos suficiente.

*Object*Faixa_A as C:Curso, D:Docente

lawson Faixa_A

L1(card(C.Inscritos) *ge* 500) and (D.Qualificação *eq* Ordinário);

Este objeto virtual indica que um docente para pertencer à Faixa_A (um exemplo para obter particulares facilidades) deve ter um curso com pelo menos 500 inscritos e ser Ordinário. Curso e Docente representam os componentes principais.

4.3.3 Objetos Vista

Uma *vista* é um objeto definido sobre uma base de informações já disponível no esquema. Sua utilização é importante para uma visualização conjunta de outros objetos já apresentados. Portanto, são utilizados para melhorar a qualidade da representação e para aumentar a clareza do modelo.

Objetos Vista são introduzidos pela palavra chave *by* e podem ser *object*, *cmplxObject*.

EXEMPLOS:

*object*Lugar_Habitual *by* C:Curso, D:Docente

Número_Sala: (1 *to* 200)

Professor: Docente

lawson Habitual

L1: *exists X in C, Y in D suchthat* Número_Aula eq X.Aula and
 Professor.Nº_Doc eq Y.Nº_Doc;

Este Objeto Vista permite individualizar a sala onde um Professor tem o seu curso e, portanto, onde se encontra habitualmente durante as próprias horas de lição.

4.3.4 Objetos Especializados

O conceito de especialização do MDT é similar aquele apresentado em outros modelos orientados a objeto.

A especialização de um objeto ou de uma classe de objeto pode ser realizada com duas técnicas diferentes. A primeira é o *enriquecimento*, que consiste em acrescentar novos atributos, componentes ou leis ao tipo especializado. A segunda é a *substituição*, que consiste em dar uma nova definição às propriedades hereditárias, as quais perdem o significado no *pai* para assumirem aquele significado do *filho*.

A especialização do modelo MDT permite efetuar ambas operações e de fazer combinações livres entre elas: o tipo especializado herda a estrutura de dados e as leis do objeto do qual descende. Por exemplo, um objeto O1 compreende entre seus atributos e componentes todos os atributos e componentes de um objeto O2, diz-se que O1 é uma especialização de O2.

Especializações são precedidas pela palavra-chave *isa*.

EXEMPLOS:

Como exemplo, se considera uma declaração alternativa aquela fornecida inicialmente de Estudante e Docente; o objeto Pessoa é o *pai* tanto do objeto Estudante quanto do objeto Docente:

- *object*Pessoa

Nome, sobrenome: *string*

Data_de_nascimento: (1900 to 2100)

Residência: Endereço

- *object*Estudante *isa* Pessoa

Matrícula: *integer*

- *object*Docente *isa* Pessoa

Qualificação: (Ordinário, Associado, Contratado)

Nº_Doc: *integer*

4.3.5 Valores

Valores são todos elementos do modelo que descrevem uma propriedade de um objeto. A propriedade de um objeto O que se refere a um dado domínio de valores é chamado *atributo* de O .

Os valores podem ser classificados em simples e complexos. Os valores simples são introduzidos pela palavra chave *value* e correspondem a restrições dos tipos de dados primitivos ou a enumerações. Por exemplo, *value*Espessura: (0 to 30); *value*Código: (SP, GR, SG,FM,MB,ST).

Os valores predefinidos são:

- a) *integer* para representar os números inteiros;
- b) *real* para números reais;
- c) *boolean* para as variáveis booleanas (*true* ou *false*);
- d) *string* para representar qualquer seqüência de caracteres ASCII.

Valores complexos são introduzidos pela palavra chave *cmplxValue* e são constituídos a partir dos valores simples ou de outros valores complexos através dos construtores: *setof*, *listof*, *record*. Exemplo: *cmplxValue*Polígono: *listof* segment.

É também possível definir *value* virtual (ou *relation*) e *value* especializado, ambos classificados como *value* complexos, para os quais valem as considerações do tipo geral feitas pelos tipos análogos de objetos.

EXEMPLOS:

O *value* Endereço, utilizado anteriormente, pode ser definido como *value* complexo do seguinte modo:

- *value*Endereço:

Rua: string

Número: *string*

Cidade: *string*

Estado: *string*

País: string

CEP.: string

Enquanto o domínio Matéria pode ser da seguinte forma:

*value*Matéria: (Análise I, Fundamentos de Informática I,...)

4.3.6 Leis

Definir Leis significa representar o estado e a evolução do sistema. As leis descrevem condições que devem ser verificadas para que a representação seja coerente.

Uma lei pode simplesmente controlar a presença de certos valores ou limitar o campo dos valores possíveis ou exprimir dependência lógica (implicação).

As leis vêm introduzidas pela palavra-chave *lawson* seguida do nome do valor ou do objeto ao qual se aplicam.

4.3.7 Operadores Complexos: Seleção, Quantificação e Síntese

A expressão que representa uma lei pode ser também muito complexa. Ela admite além das classes de operadores numéricos, relações e lógicas, os operadores de síntese. Este último é aplicado ao conjunto ou listas para calcular propriedades globais.

EXEMPLOS:

- *object* Exames_Superados

Lista_exame: *setof* Exame

lawson Exames_Superados

L1: *min* (Exame.Voto) *for* Exame *in* Lista_Exames *gt* 18;

O operador de *síntese* utilizado na lei L1 impõe que o valor mínimo do atributo Voto em um objeto Exame pertencente ao conjunto (não ordenado) Lista_Exames seja 18.

O operador *quantificador* é utilizado para exprimir propriedades de nível geral e da existência de unicidade.

O operador *seletor* é utilizado para selecionar elementos que satisfaçam determinadas condições.

EXEMPLOS:

- *object* doc_Associado

Prof_Associado: *setof* Docente

lawson Doc_Associado

L1: *forall* Docente *in* Prof_Associado *itis* Docente. Qualificação *eq*
Associado

Neste caso, no caminho de um quantificador universal se impõe uma condição específica sobre todos os elementos pertencentes a um dado

conjunto. No caso onde não esteja presente nenhum docente pertencente ao conjunto de Associado, o conjunto restituído será um conjunto vazio.

Um modo alternativo de exprimir a lei L1 utilizando um quantificador de existência pode ser o seguinte:

L1: *not exists* Docent *in* Prof_Associados *suchthat* (Docente.Qualificação *eq* Ordinário) ou (Docente.Qualificação *eq* Contratado)

Como exemplo de seletor se considera a seguinte lei, relativa ao objeto Curso, definido anteriormente:

lawson Curso

L1: Nascidos_1970 *eq setof* (Estudante) *for* Estudante *in* Inscritos
where Estudante.Data_de_Nascimento *eq* 1970

Deste modo se obtém um conjunto cujos elementos satisfazem as características desejadas.

4.3.8 Operadores Simples

Os operadores até aqui definidos são classificados como complexos. Os simples se distinguem em numéricos, relacionais, lógicos e de conjuntos. O seu significado é análogo àqueles dos operadores presentes em outras linguagens de programação.

De particular importância são dois operadores que não entram nas categorias descritas acima: o operador de *transição* (indicado com o símbolo \rightarrow) e o operador *old*, do qual apresenta-se alguns exemplos.

O conceito de *transição* exprime uma condição de legalidade que deve ser satisfeita a cada variação de estado, colocando em relação de seus dois estados: o estado inicial, a pré condição, e o estado final, a pós condição. É possível, no caso em que se verifica uma violação a tais leis de transição,

indicar uma ação de restauração da legalidade do estado, indicada simplesmente com o termo ação (*action*).

O operador *old* é utilizado para indicar o valor suposto de um atributo ou de um componente antes da última troca de estado do objeto em análise.

EXEMPLO:

Para representar o fato de um Professor Contratado, que depois de 10 anos de tempo de serviço se torna automaticamente um Associado, introduz-se a seguinte lei de transição:

lawson Docente

L3: Qualificação *eq* Contratado *and* Tempo_de_Serviço *eq* 10 →
Qualificação *eq* Associado.

Enquanto que para indicar que o tempo de serviço pode somente aumentar, recorre-se ao operador *old*:

L4: *old* Tempo_de_Serviço *lt* Tempo_de_Serviço

4.3.9 Estrutura do Esquema Multidata - Aciclicidade

O esquema resultante da aplicação do modelo apresenta-se como a interseção de dois grafos, determinados, respectivamente, das relações de especialização e de composição. É necessária atenção particular na definição dos objetos complexos para evitar a presença de ciclos, os quais tornarão o esquema conceitualmente errado. Por este motivo não é permitido que um objeto possa ser componente de si mesmo, nem diretamente nem através de passagens de inclusão. No caso em que se apresentem situações deste tipo deve-se restaurar a aciclicidade do esquema criando um ou mais objetos novos, os quais modelarão de forma alternativa a relação de composição.

4.4 EXEMPLOS APLICATIVOS DO MODELO MDT

A pesquisa é orientada à representação dos aspectos intencionais e, portanto, o emprego do modelo se coloca na fase de análise conceitual que precede o desenho de um sistema informativo geográfico.

O conhecimento que o modelo deve ter para representar é aquele que resulta da observação das entidades do mundo real, da sua estrutura, das relações que os ligam e dos eventos aos quais participam.

Em particular, algumas fontes de conhecimento foram utilizadas com a intenção de representar o conhecimento de entidades do mundo real, tais como:

- a) Dados de seguradoras, de sinistros de automóveis.
- b) Dados de terrenos disponíveis para edificação de habitações.
- c) Dados da legenda da Carta Geológica da Itália.

A seguir será apresentada uma aplicação que representa o conhecimento sobre dados geológicos.

4.4.1 Metodologia de Aplicação do Modelo GEO-MDT

O objetivo deste item é a apresentação da metodologia de aquisição e de organização do conhecimento para o desenho do Sistema Informativo Geológico.

A realização de um sistema informativo para a geologia deve afrontar, assim como outras aplicações geográficas, as características particulares da matéria, tais como variedade e complexidade dos casos tratados, estruturas tridimensionais, conformação de limites e corpos rochosos, adoções não unívocas de interpretações e critérios de classificação. Na falta de instrumentos específicos e metodologias de projeto, somente uma parte extremamente pequena do conhecimento disponível vem efetivamente capturada e utilizada.

O impacto desta situação sobre o desenho do sistema informativo produz soluções onde a maior parte do conhecimento geológico não recebe uma organização apropriada, isto é, não tem uma restituição efetivamente disponível. Pode-se individualizar duas dificuldades principais:

- a) Cada unidade geológica (Estrato, Formação ou outra) é única e se diferencia de todas as outras. Entretanto, com a finalidade de manipular um número finito de casos, as unidades geológicas são classificadas em uma taxionomia de tipos que são organizados esquematizando as características das unidades. Os critérios de classificação são numerosos e não existe um acordo preciso entre as diversas escolas. O processo de classificação que dá origem à taxionomia dos tipos geológicos é baseado em uma grandíssima quantidade de conhecimento. Tal conhecimento não é considerado nos sistemas informativos geológicos, ou é reduzido a códigos e comentários. Com isso se perde a possibilidade de utilizá-lo para a organização efetiva dos dados.
- b) Na análise da informação associada a uma simples unidade geológica, em conjunto com a sua representação gráfica, encontra-se uma variedade de dados fornecidos pelos pesquisadores. Estas observações são feitas em tempos diversos sobre diferentes aspectos da unidade, através dos resultados de análises conduzidas sobre amostras, até a interpretação dada às informações naquele momento disponível, porém não são definitivas. A maior parte deste conhecimento é sintetizada em forma de legendas associadas a uma carta geológica, onde cada unidade é descrita por um texto que compreende o aspecto externo da informação, a proveniência, o tipo e a organização física dos materiais componentes. Os sistemas informativos geológicos manipulam habitualmente legendas na forma textual, impedindo assim o acesso direto, o confronto e a análise dedutiva dos seus conteúdos. Entretanto, o conhecimento que é o fundamento da interpretação dos dados permanece escondido nos

livros de utilização estritamente técnica e é a maior razão do difícil acesso.

A necessidade peculiar da gestão da informação geológica se torna evidente se observarmos um mapa geológico onde entidades tridimensionais e formas características da unidade são reportadas em uma série de símbolos sem escala e de representações adicionais aquela seção, detalhes, referimentos a era geológica e colunas estratigráficas. Apesar destas várias contribuições, os mapas geológicos contêm somente uma parte do conhecimento disponível, uma outra parte é reportada à literatura científica e a maior parte, que constitui a efetiva cultura derivada da prática geológica, não é nunca representada em modo explícito.

Os sistemas informativos geológicos são freqüentemente criados como coleções de mapas numéricos e providos de funções para o imageamento e a manipulação das cartas. Isto significa que o desenhista do sistema tende a descrever as estruturas geológicas através das suas representações cartográficas e requer do sistema informativo somente executar em maneira rápida e correta as freqüentes operações tradicionalmente apresentadas sobre as cartas. Portanto, as primeiras limitações evidenciadas sobre o conteúdo informativo dos mapas geológicos influenciam a real capacidade do sistema de fornecer um suporte completo à representação do geólogo e às necessidades do analista.

Para superar os problemas acima expostos, os modelos conceituais devem satisfazer os seguintes requisitos:

- a) Capacidade de representar relações complexas e, em particular, de exprimir explicitamente o conhecimento sobre os quais são fundamentados (tipicamente em forma de vínculos entre as entidades envolvidas), para dar uma descrição completa das unidades geológicas e das suas classificações;

- b) Capacidade de representar integralmente os conteúdos das descrições da unidade (legendas) dando um modelo dos termos técnicos usados e da semântica que pode ser derivada de uma oportuna e esquemática análise do texto;
- c) Possibilidade de transferir as primitivas do modelo conceitual sobre construtores próprios dos modelos para DB (tipicamente, o modelo relacional) a fim de traduzir o esquema conceitual resultante em especificações de dados e funções para o desenvolvimento do aplicativo.

O modelo GEO-MDT fornece uma linguagem de especificações orientadas a objetos, sendo concebido para administrar valores complexos de entidades e para exprimir relações e vínculos em forma declarativa. A aplicação do modelo traduz a informação disponível em um esquema constituído de definições de valores, objetos e leis.

A seguir será apresentado como o modelo GEO-MDT, como método formalizado à modelagem conceitual da informação geológica, permite capturar uma parte relevante do conhecimento geológico. O GEO-MDT adota dois contextos de aplicação:

- a) Modelagem da classificação da unidade geológica;
- b) Modelagem dos conteúdos das legendas da unidade.

O método orientado a objeto representa cada entidade do mundo real como um objeto caracterizado de uma identidade e de um estado. A identidade exprime a essência e a unicidade da entidade e distingue um relativo objeto durante toda sua vida. O estado descreve a propriedade da entidade em forma de atributos assinalados a um objeto. Em conjunto, são necessárias leis para recolher as regularidades observadas nos estados das entidades. A este fim, subdividi-se o espaço dos estados possíveis do objeto em um espaço de estado legal e um de estado ilegal. Objetos dotados dessa estrutura e

comportamento são reagrupados em classes, enquanto compartilham o mesmo tipo.

Um atributo de objeto é uma função que associa à classe do objeto um domínio de valor. Um domínio de valor é uma coleção de valores homogêneos (por exemplo, inteiros ou strings). A diferença principal entre as classes de um objeto e um domínio de valores consiste na natureza das respectivas instâncias. Enquanto a identidade e o estado do objeto são distintos, exprimindo assim o fato que a descrição da entidade é independente da sua essência, isto não acontece para os valores. Se considerarmos um número inteiro ou um segmento, imaginando modificar o valor do primeiro ou os extremos do segundo, obteremos um novo número e um novo segmento.

Supõe-se, portanto, que os valores não sejam dotados de existência própria, mas sejam introduzidos a fim de exprimir propriedade de objetos. Portanto, enquanto os objetos são instanciados automaticamente, os atributos podem assumir valores somente no interior da instância dos objetos. Com base nestas considerações a modelagem dos termos geológicos e dos aspectos geográficos entra no campo da representação de valores, enquanto a classificação e descrição das entidades geológicas pertencem ao campo da representação de objetos.

Observa-se que o modelo GEO-MDT define três primitivas para os valores (*value*, *cmplxvalue*, relações sobre valores) e cinco primitivas para os objetos (*object*, *cmplxobject*, *contextobject*, *virtualobject*, *viewobject*).

A seguir, a utilização com referimento aos problemas modelísticos citados:

- a) Os valores simples (*value*) são expressos como restrições dos tipos base dos valores (*integer*, *real*, *string*) ou através de enumerações, como no caso da terminologia geológica.

- b) Os valores complexos (*cmplxValue*) são descritos colocando em relação tipos mais simples através de três construtores de base (*n-tuple*, *set*, *list*).
- c) As relações gerais entre valores (*relValue*), como por exemplo, as regras geométricas são reconhecidas e isoladas, em conjunto a outras propriedades, por serem chamadas em cada contexto onde podem ser utilizadas.
- d) Os objetos simples (*object*) representam entidades caracterizadas somente através de atributos (isto é, sem componentes). Todos os objetos, sejam simples, sejam de outro tipo, podem ser definidos através de especializações de tipos de níveis superiores. O tipo especializado herda as propriedades do objeto do qual descende e agrega outras ou redefine por restrição.
- e) Os objetos complexos (*cmplxObject*) exprimem, no modelo, as relações de composição entre objetos mais simples, portanto são caracterizados por atributos e componentes. A identidade de um objeto complexo é independente das identidades dos componentes, assim sendo estes podem ser modificados durante o ciclo de vida do objeto complexo.
- f) Os objetos contexto (*contexObject*) modelam todas as relações que não são de composição. Como os objetos complexos, também os de contexto apresentam atributos e componentes, mas a sua identidade é unicamente determinada pelos componentes: se uma desta modifica, o objeto de contexto desaparece e é criado um novo.
- g) Os objetos virtuais (*virtualObject*) exprimem condições gerais considerando dois ou mais objetos. As condições são gerais se aplicadas a tais componentes independentemente da parte do modelo onde são utilizadas. Os objetos virtuais são, portanto,

introduzidos para modelar os vínculos independentes do contexto ao qual devem estar as instâncias ou as classes dos objetos envolvidos.

- h) Os objetos vista (*viewObject*) fornecem representações alternativas das relações entre objetos que já estão presentes no esquema. Portanto, eles não agregam outros objetos, mas novos operadores para coligar os objetos e o conhecimento específico a eles associados.

No interior do modelo GEO-MDT todas as primitivas apresentadas exprimem somente aspectos estruturais, isto é, estáticos. Os vínculos sobre a coerência dos valores e dos objetos são dados em forma de leis. As leis (*laws on*) são fórmulas de cálculo dos predicados aplicados ao estado de um objeto (isto é, aos seus valores) e se não for simples, a àqueles dos seus componentes. A conjugação de todas as leis associadas a um objeto ou a um valor constitui a sua invariante, ou seja, a condição global que deve ser verificada a fim de que a sua definição seja coerente.

No domínio geográfico, os valores são usados para representar a geometria e para estruturar as descrições textuais, enquanto os objetos modelam as entidades geológicas e as suas relações. O método GEO-MDT oferece um conjunto de primitivas baseadas sobre um único paradigma, permitindo assim superar as tradicionais diferenças entre representações da geometria e texto, de uma parte, e de entidades territoriais, de outra. O propósito final é de exprimir todos os aspectos geométricos, topológicos e, em particular, semânticos com o mesmo grau de expressividade.

4.4.1.1 Classificações da Unidade Geológica

Classificar as unidades geológicas significa reagrupá-las, tendo como base a sua natureza e as suas características, num conjunto de entidades similares. Segundo o critério de classificação se obtém taxinomias diversas.

Sobre o plano operativo, a comunidade geológica requer um acordo geral sobre alguns conceitos de base (por exemplo, estrato, membro,

formação, grupo) enquanto classes menos formais ou secundárias são freqüentemente definidas localmente. Isto implica dizer que os esquemas de classificação, na maior parte dos casos, não são únicos nem definidos rigorosamente. De fato, uma revisão dos critérios de classificação determina periódicas modificações da taxionomia e, em conseqüência, uma redistribuição das unidades geológicas em novas classes.

O grau de formalidade é um dos critérios de classificação mais importantes. Uma unidade geológica é considerada com um bom grau de formalidade quando possui um grau de incerteza razoavelmente baixo quanto à extensão, à natureza e as características litológicas. Isto não impede que as unidades geológicas sejam classificadas mesmo que os fins delimitados não estejam exatamente definidos ou se a sua natureza não esta no modo definitivo ou quando são partes de outras unidades conhecidas mas a relação de competência (atribuição) efetiva não foi ainda provada. Para se obter os diversos níveis de formalização e os vários casos possíveis, algumas dezenas de classes devem ser definidas, em conjunto às suas relações de especializações.

Um outro instrumento de classificação eficaz se baseia sobre o mecanismo de composição. Duas unidades estão relacionadas se uma delas inclui a outra. Em geral, a unidade classificada apresenta um espectro muito amplo de detalhes. Esses variam de estratos simples a formações complexas e grupo. Um elemento importante do conhecimento consiste na determinação dos estratos que constituem uma dada formação, tais formações pertencem a um dado grupo, etc. A dificuldade de modelar este aspecto reside no número de exceções, por exemplo, nem todos os estratos estão incluídos nos membros, mas alguns desses pertencem diretamente às formações; entretanto, um estrato pode ser parte dos diversos membros e um membro pode ser parte das diversas formações.

A maior parte dos modelos conceituais é formada por primitivas para exprimir hierarquias de especializações e composições, se bem que em níveis diversos de expressividade. O modelo Entity/Relationship pode representar

explicitamente a especialização, mas a composição deve ser representada como uma relação genérica. O método orientado para objeto exprime, ao invés, a composição em termos de referimentos cruzados entre objetos, com uma fundamental ambigüidade de interpretações consideradas sobre o rol de componentes. Entretanto, nenhum modelo conceitual corretamente utilizado permite de explicitar condições e vínculos ou a semântica mais profunda da especialização e da composição. Isto implica dizer que grande parte do conhecimento e dos critérios que são um fundamento para a classificação das unidades geológicas permanece inexpressiva.

Existe, ao menos, duas razões para adquirir mais conhecimento pertencente a classificação. Em primeiro lugar, se no sistema informativo estão disponíveis os esquemas de classificação e os critérios para construí-lo, a informação geológica se torna mais legível e, o mais importante, vem comprometida corretamente. Isto é particularmente útil no caso em que os conteúdos do sistema informativo sejam obtidos de dados provenientes de fontes diversas (requerendo, assim, uma normalização) e sejam utilizados por muitos especialistas.

Além disso, critérios formalizados de classificação podem ser utilizados para assegurar-se que as relações entre classes sejam consistentes com as suas definições, e para verificar que uma simples unidade geológica esteja corretamente posicionada no interior da taxionomia. O modelo GEO-MDT tenta satisfazer a todas essas questões e permite realizar um esquema de classificação bastante extenso.

De tal esquema é extraído o exemplo apresentado a seguir, que considera os principais aspectos das unidades formais, como são definidas no Guia de Levantamento, Carta Geológica da Itália, escala 1:50.000. Os casos concretos da unidade são trechos das Folhas Geológicas 136 (Tuscania), 198 (Bardi), 367 (Tagliacozzo) e da seção 197040 (Bettola) da Carta Geológica da Região Emilia-Romagna. As unidades geológicas denominadas *formais* são consideradas casos de referimento no território em exame, graças ao montante e a variedade dos dados e da análise disponível. Eles são postos em uma

hierarquia de tipos principais caracterizados de complexidade crescente: estrato, membro, formação, grupo. Supondo que o objeto *UnidadeFormal* esteja já definido, podemos introduzir o conceito de estrato:

- *object*Estrato *isa* UnidadeFormal

Código: *string*

Nome: *string*

Litologia: *Legenda*

As caracterizações litológicas serão explicadas mais adiante. Definições análogas são dadas para Membro e Formação. Enquanto Grupo é usado para descrever coleções macroscópicas de formações e não possui, portanto, uma litologia própria. Subgrupos e Super Grupos são aqui ignorados para simplificar o exemplo. Os valores Código e Nome devem ser associados ao objeto UnidadeFormal, mas estão aqui reportados para maior clareza.

Neste nível de detalhamento não vemos leis significativas que possam ser expressas sobre a coerência do objeto Estrato. Um exemplo elementar, referente a unicidade dos códigos do Estrato, envolve a classe de todos os Estratos que o modelo GEO-MDT considera como um objeto virtual (e que é fornecido por default junto a componente Instâncias).

- *VirtualObject* ClasseDeEstrato *as class of* Estrato

{Instances: *set of all* Layer}

laws on LayerClass

L1: forall X,Y *in* Instances *itis* X.Código *ne* Y.Código

As relações de inclusão entre as estruturas acima citadas são bastante diversas, como temos visto. Isto oferece a possibilidade de fazer amplo uso das primitivas GEO-MDT. A seguinte definição introduz o primeiro caso possível de inclusão:

- *contextObject* EstratoMembro

L: Estrato

M: Membro

Posição: (Teto, Interno, Leito)

ProgN: 1..100

Objetos de contexto análogos são introduzidos para definir MembroEmFormação e EstratoEmFormação. Leis sobre estes objetos podem exprimir vínculos sobre propriedades geográficas de Estrato e Membro (por exemplo, o volume do primeiro é completamente contido no volume do segundo) ou assegurar a coerência das litologias relativas. Outras leis são associadas aos *viewObject* que podem ser definidas por colocar em relação um Membro com todos os seus Estratos ou por descrever todas as outras classes de inclusão:

- *viewObject* TodosEstratosDoMembro *by* LM: EstratoDoMembro, MB: Membro, LL: list of Estrato

laws on TodosEstratosDoMembro

L1: forall X in LL itis

(exists LM suchthat LM.M eq MB and LM.L eq X)

L2: first(LL).ProgN eq 1 and first(LL).Posição eq Teto

L3: forall X in LL-first(LL) itis

X.ProgN eq prev(X).ProgN+1

L4: forall X in LL-first(LL)-last(LL) itis

X.Posição eq Interno

L5: last(LL).Posição eq Leito

Estas definições são suficientemente auto explicativas, portanto não serão comentadas.

Observa-se que a definição de *viewObject* compreende uma palavra chave *by* para sublinhar que um membro e os correspondentes estratos estão coligados em um caminho composto, neste exemplo, da relação EstratoDoMembro. Enfim, as seguintes leis vinculam as instâncias da classe EstratoDoMembro:

- *virtualObject* MblnFmClass as class of EstratoDoMembro

{Instances: set of all EstratoDoMembro}

laws on MblnFmClass

L1: *not exists* LM1, LM2 in Instances *suchthat*

ident(LM1) *ne* ident(LM2) *and* LM1 *eq* LM2

Tendo definido em detalhes todas as relações precedentes da inclusão, ocorrem definições posteriores para exprimir condições globais de consistência que envolvem conjuntamente estratos, membros e formações.

-*VirtualObject* MemberCheck as MC:MemberClass, MFC:MblnFmClass

laws on MemberCheck

L1: forall MB in MC itis

(exists X in MFC *suchthat* X.M *eq* MB)

O *virtualObject* MemberCheck é introduzido para assegurar a regra geral segundo a qual cada membro deve pertencer a uma formação. O objeto virtual EstratoCheck, entretanto, é introduzido para afirmar que um estrato pertence a um membro ou diretamente a uma formação.

-*VirtualObject* EstratoCheck as LMC: LyInMbClass, LFC:LyInFmClass

laws on EstratoCheck

L1: forall X in LMC itis

(not exists Y in LFC *suchthat* X.L *eq* Y.L)

Enfim, o *viewObject* TodosEstratosDaFormação é introduzido para juntar os estratos pertencentes a uma formação:

- *viewObject* TodosEstratosDaFormação by

LM:EstratoDoMembro,

LF:EstratoDaFormação,

MF:MembroDaFormação

FM:Formação

LL: list of Estrato

LLM: list of Estrato

laws on TodosEstratosDaFormação

L1: *forall* X in LL itis

(exists Y in LLM suchthat X eq Y) or

(exists LF suchthat LF.F eq FM and LF.L eq X)

L2: *forall* X in LLM itis (exists MF, LM suchthat MF.M eq LM.M and

MF.F eq FM and LM.L eq X)

Um exemplo de objeto complexo vem da definição de Grupo, uma vez que um Grupo pode ser simplesmente composto por um certo número de formações:

- *cmplxObject* Grupo isa UnidadeFormal

Código: string

Nome: string

SF: *set of* Formação

Para ressaltar que os grupos são coleções separadas de formações é introduzido o *virtualObject* GrupoClass:

- *virtualObject* GrupoClass as class of Grupo

{Instances: *set of all* Grupo}

laws on GrupoClass

L1: *forall* G1,G2 *in* Instances *itis*

(*ident*(g1) *ne* *ident*(G2) \Rightarrow

forall F1 *in* G1.SF *itis*

forall F2 *in* G2.SF *itis* F1 *ne* F2)

Como conclusão deste exemplo, observamos que as primitivas dos objetos do GEO-MDT são utilizadas segundo a semântica dos aspectos a modelar:

As unidades geológicas são representadas como *object* ou *cmplxObject*;

As relações entre os tipos de unidades são representadas como *contextObject*;

As condições gerais de consistência são associadas a *virtualObject*;

Vínculos posteriores e interrogações possíveis são dados pelo *viewObject*.

Enfim, nota-se a riqueza e a quantidade de conhecimento que este método pode capturar, sobretudo com as primitivas do *virtualObject* e do *viewObject*, com respeito aos componentes estruturais. Outros aspectos ligados aos tipos litológicos são capturados segundo o método descrito a seguir.

4.4.1.2 Descrição das Unidades Geológicas

Passando da classificação das unidades geológicas à uma descrição extensa de uma simples unidade, encontra-se uma grande quantidade de dados que são recolhidos no curso dos anos através de observações externas, estudos estratigráficos e paleontológicos, análises físicas e químicas de amostras, caracterizações microbiológicas e outras. A administração destes

dados em um nível de máximo detalhamento é um argumento típico das aplicações tradicionais de base de dados e dos sistemas informativos geológicos. Ao contrário, uma legenda associada a cada unidade geológica, sintetizando informações disponíveis através dos próprios critérios interpretativos, recolhe os conteúdos mais importantes que são de interesse para o sistema informativo.

Infelizmente, extrair a semântica das legendas não é uma atividade simples. Por esta razão as legendas são usualmente memorizadas e administradas em forma puramente textual. Das Folhas Geológicas 136 (Tuscania), 198 (Bardi), 367 (Tagliacozzo) e da Seção 197949 (Bettola) da Carta Geológica da Região Emilia-Romagna vê-se, que em geral, as legendas são associadas a formações, membros e estratos. O seu tamanho varia de 20 a 100 palavras, que incluem nomes e adjetivos para denotar e caracterizar os elementos litológicos componentes, verbos e advérbios para exprimir disposições e relações de tais elementos.

As legendas são sistematicamente revisadas e modificadas por dois motivos principais:

- a) O recolhimento de mais informações sobre a unidade geológica tem feito emergir uma nova interpretação sobre a sua natureza, portanto a legenda deve ser atualizada;
- b) Uma unidade geológica antes não estruturada é estudada mais a fundo e se reconhece uma estrutura, portanto a legenda é simplificada e grande parte do conhecimento é associada as suas unidades componentes.

A fim de que os conteúdos das legendas se tornem acessíveis, modificáveis, confrontáveis e verificáveis é necessário que os termos e as relações semânticas entre eles sejam completamente modeladas. Uma representação GEO-MDT dos conteúdos da legenda exige, como premissa, uma análise textual voltada a identificar as relações semânticas a partir das

regras sintáticas. A seguir serão mostradas, resumidamente, o procedimento metodológico do tratamento das legendas. O método proposto teve como referimento uma amostra representativa dos mapas geológicos italianos, aqueles acima citados. O método é, porém, geral (isto é, independente da linguagem nacional e do ponto de vista especialista), permitindo uma fácil adaptação a outros contextos geográficos e interpretativos.

Consideramos os seguintes fragmentos da legenda: “às bases raras calcárias argilosas (marno) localmente arenosas alternadas a pequenos grãos de calcários argilosos (pelito)...”, Neste exemplo, pudemos observar a presença do nome “marno” e “pelito”, dos adjetivos “raras” e “arenosas”, dos advérbios “às bases” e “localmente”, da forma verbal “alternadas” para exprimir uma relação. Para organizar este conhecimento foram adotadas as seguintes regras gramaticais simplificadas:

- a) Os nomes identificam, habitualmente, tipos rochosos ou denotam unidades geológicas singulares, constituindo assim um conjunto de termos litológicos de base (TE). Duplas e listas de termos são agora termos.
- b) Os adjetivos (AG) exprimem propriedades litológicas, tais como o corte, a cor, a granulometria ou outros aspectos. Eles estão sempre associados aos termos litológicos para completá-los ou especificá-los o significado. Adjetivos compostos, como “pelitos-arenosos”, são de usos freqüente. A dupla constituída de um adjetivo e de um termo é uma termo. Duplas e listas de adjetivos são agora adjetivos.
- c) Advérbios e formas adverbiais (AV) são aplicadas aos termos geológicos para indicar localizações, distribuições, freqüência, grau, escala. A dupla constituída de um advérbio e de um termo é uma terminação. A dupla constituída de um advérbio e de um adjetivo é um adjetivo. Duplas e listas de advérbios são agora advérbios.

d) Verbos, formas verbais e correspondentes substantivos relativos exprimem as relações (RL) entre litologias. Os tipos de relações são numerosos, alguns dos quais muito freqüentes: incluso (inclusão), é alternada a (alternância), passa a (passagem), em associação com (associação) e outras. As relações são termos e também coligam termos.

Com base nestas regras, o geólogo é em grau de traduzir as legendas em expressões estruturadas e não ambíguas. Obviamente, este objetivo pede da primeira vez uma oportuna interpretação e tradução da linguagem natural. Tal tradução, geralmente, simplifica, ou esclarece, as expressões naturais correspondentes. O resultado pode ser oportunamente representado aplicando recursivamente o construtor: RL(*list of AV; list of AG; list of TE*). Consideremos listas e não conjuntos, pois pode acontecer que a ordem das palavras subentenda um ulterior significado. Com referimento ao exemplo da legenda acima citado, a representação estruturada se obtém através dos seguintes passos:

a) marnos arenosos

(; arenosos, marnos)

- marnos localmente arenosos

(localmente; arenosos; marnos)

- raros marnos localmente arenosos

(; raros; (localmente; arenosos; marnos))

b) pelitos marnoses

(;marnoses; pelitos)

- raros marnos localmente arenosos alternados a pelitos marnoses

(alternados(;;(raros;(localmente; arenosos; marnos)),

(; marnoses; pelitos))

- às bases, raros marnos localmente arenosos e alternados a pelitos marnoses

- alternados (às bases;; (; raros; (localmente; arenosos;marnos)),
(; marnoses; pelitos)

A expressão resultante, com parênteses, é uma forma útil para a modelagem conceitual da legenda final. O procedimento consiste na substituição da estrutura preposicional recursiva com relações de dependência entre os termos. Esta expressão com parênteses corresponde a uma estrutura de árvore onde as relações mais externas envolvem um rol de raízes, as relações intermediárias são nós e os termos litológicos elementares são as folhas. Para completar, isto pede que cada definição composta por uma lista de advérbios, de adjetivos e de litologias tenha sempre associado um vocábulo RL.

Com referimento ao exemplo anterior, devemos modificar as expressões resultantes para obter a seguinte forma:

- alternada (às bases;; lito(; raras; (localmente; arenosos; marnos)),
lito(; marnoses; pelitos)

onde a relação simulada *lito* é explicitada. Em numerosos casos, relações mais expressivas (por exemplo, matriz, fragmentos) podem ser utilizadas para completar a estrutura da legenda.

Desta forma representa-se uma árvore através de coligações entre cada nó e seu genitor na hierarquia. Utilizando as primitivas GEO-MDT, este conhecimento é expresso através da introdução de valores complexos:

- *cmplxValue* Vocábulo

Texto: string

Tipo: (AV, AG, TE, RL)

cmplxValue TipoBase isa Vocábulo

laws on TipoBase

L1: Tipo *eq* RL

Nota-se que TipoBase foi definido para caracterizar a raiz da árvore e os nós intermediários. Visitando a árvore em ordem “breadth-first”, todas as dependências dos nós intermediários são visitadas. Tomemos como base a seguinte hipótese de que a cada nó seja assinalado um identificador inteiro progressivo, a partir do valor 0 da raiz:

- *cmplxValue* Dependência

Termo: Vocábulo

De: integer

Nó: integer

ListNr: integer

laws on Dependência

L1: De *ge* 0

L2: Nó *ne* nil \Leftrightarrow ListNr *eq* nil

L3: ListNr *ne* nil \Rightarrow ListNr *ge* 0

L4: Termo.Tipo *eq* RL \Leftrightarrow Nó *ne* nil

L5: Nó *ne* nil \Rightarrow Nó *gt* De

A primeira tupla Dependência assume dois significados diversos a segunda que representa o coligamento de modo intermediário ou a associação de um advérbio, adjetivo ou termo final de um nó. Em ambos os casos De identifica o nó genitor. No primeiro caso, o atributo Nó contém o identificador progressivo, no interior da árvore, do nó filho; no segundo caso, o atributo ListNr contém o identificador progressivo (no interior da lista de advérbios ou adjetivos ou termos finais) da palavra que define o nó.

As leis sobre Dependência são um exemplo de como o modelo GEO-MDT favorece uma definição detalhada dos domínios de valores.

Como conclusão desta parte, introduzir-se-á o domínio Legenda com algumas de suas propriedades típicas, ou seja para assegurar a coerência da estrutura de árvore. Recorde-se que Legenda constitui o atributo Litologia dos objetos Estrato, Membro e Formação.

- CmplxValue Legenda

Raiz: TipoBase

Conteúdos: set of Dependência

laws on Legenda

L1: forall X in Conteúdos itis (X.De gt 0 ⇒

exists Y in Conteúdos suchthat X.De eq Y.Nó)

L2: forall X in Conteúdos itis (X.Termo.Tipo eq RL ⇒

exists Y in Conteúdos suchthat Y.De eq X.Nó)

L3: forall X in Conteúdos itis (X.Termo.Tipo in (Av,AG) ⇒

exists Y in Conteúdos suchtaht Y.De eq X.De and

D Y.Termo.Tipo in (TE,RL))

4.4.2 Desenho do Sistema Informativo

O conhecimento resultante da análise conceitual do domínio da aplicação é enfim disponível para constituir o processo de desenho do sistema informativo. Os métodos conceituais tradicionais utilizam o desenho lógico de estruturação dos dados, enquanto vínculos e aspectos operativos são deixados a uma possível análise funcional paralela. Ao contrário, com o modelo GEO-MDT, são considerados ambos os aspectos estruturais e relacionais, isto significa que a base de dados e o desenho funcional são ambos suportados pelo esquema resultante. Inicialmente as definições de valores e objetos são

traduzidas em estruturas de base de dados, enquanto as leis fornecem sugestões para o desenvolvimento do software de controle e interrogação. A seguir serão apresentadas as regras de tradução com referimento ao modelo relacional.

No que se refere a estruturação dos dados, o modelo GEO-MDT não difere substancialmente dos outros modelos orientados para objetos. Se assumirmos, por simplicidade, que cada entidade do mundo real corresponde a uma instância de objeto ou a tupla de uma relação, respectivamente, as regras de tradução são facilmente definidas:

- a) Em geral, os atributos dos objetos se tornam campos de relações enquanto os componentes, que são objetos, têm seus referimentos através de chaves externas. Não é pedido um referimento dos objetos compostos a componentes, porque as leis dos objetos componentes ignoram a possível participação dos objetos mais complexos. As operações de “join” compõem os estados dos objetos e dos seus componentes, cada vez que as leis dos objetos são executadas. As chaves primárias são definidas entre os atributos dos objetos, isto é, são acrescentadas para exprimir a identidade de objetos. Os *contextObject* adotam como chaves primárias a conjugação da chave dos componentes.
- b) Atributos definidos sobre domínios de valores complexos, construídos através dos operadores de *tupla*, *list of* e *set of* são instanciados com o objeto tupla, ou seja, memorizados em uma relação separada. No último caso se comportam e são geridos como componentes e tem os correspondentes referimentos. Representações de listas e conjuntos em forma relacional pedem a assinalação a um valor simples de um identificador local progressivo e não nulo.
- c) Os *virtualObject* são introduzidos para exprimir regras gerais sobre as relações entre objetos, portanto não são instanciados em uma

base de dados relacional. Ao contrário, eles fornecem o conhecimento para desenvolver módulos de controle para aplicar a informação recolhida para assegurar a consistência em caso de correção ou atualização dos dados.

- d) Enfim, existe uma correspondência substancial entre *viewObject* do GEO-MDT e as vistas do modelo relacional. Estes podem ser materializados ou considerados interrogações a executar quando é pedida uma combinação particular de valores da base de dados. No primeiro caso, os *viewObject* do modelo conceitual se tornam relações efetivas, segundo as regras acima descritas e fornecem o conhecimento necessário para criá-los e atualizá-los. No segundo caso, o conhecimento que eles contem é simplesmente traduzido em interrogações relacionais e controles.

Como foi demonstrada nas seções precedente, a maior parte do conhecimento é recolhida em forma de leis.

Isto pode ser completamente traduzido em funções de controle e nos mais importantes procedimentos de interrogação. O método GEO-MDT considera nas leis dois objetivos distintos: especificar vínculos de correção e consistência e representar caminhos de seleção para a construção das *view*.

A leis são condições que devem ser necessariamente verificadas depois de cada atualização dos estados de um objeto. A sua violação prova que foi efetuada uma operação ilegal. Passando ao modelo relacional, esse deveria ser traduzido em funções de controle, a executar antes que o resultado de uma operação de inserir, de cancelar ou de atualizar seja salva nas oportunas relações. Uma vez que cada lei seja explicitamente associada a um preciso objeto, a definição das condições de restauração das funções de controle resulta em maneira direta das correspondentes relações. Dado o seu rol, estas funções de controle são usualmente completadas com ações para restabelecer as condições de legalidade. As ações podem variar do envio da mensagem do

diagnóstico à eliminação das operações erradas, ao cálculo do novo estado legal de um objeto.

Nos sistemas de gestão da base de dados com possibilidade de restauração a tradução das leis GEO-MDT é automática.

Traduzindo as leis GEO-MDT em operações e controles do sistema informativo, outros benefícios nascem do fato das leis serem expressas em forma de predicados. Em primeiro lugar, as leis podem estar abaixo dos algoritmos de verificação que as confrontam para encontrar possibilidades de redundância e inconsistência, antes que sejam traduzidas em códigos de procedimentos. Em acréscimo, existem leis associadas a contextos precisos e leis isoladas, livres de contexto, onde o código pode ser reutilizado em grande quantidade, o que completa a implícita reutilização do esquema conceitual.

4.4.3 Estágio Atual de Aplicação do Modelo Geo-MDT

O método de aplicação do modelo GEO-MDT foi introduzido mostrando o seu emprego na classificação e descrição de uma unidade geológica.

Atualmente a sua aplicação, na Itália, é voltada a representar conceitualmente o nivelamento e a análise de amostras para dar definições explícitas e não ambíguas aos conceitos e termos geológicos de uso mais comum. Desta forma o Serviço Geológico pode revisar parte da sua documentação e reescrever códigos e regulamentos.

4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a intenção de justificar o emprego do Modelo MDT no desenvolvimento de um Sistema de Informações foi apresentado neste capítulo uma aplicação que representa o conhecimento sobre dados geológicos.

A apresentação do domínio sobre o conhecimento geológico pretende validar a aplicação, também, para o conhecimento sobre dados cadastrais imobiliários, uma vez que ambos referem-se ao conhecimento geográfico.

5 SGPM: SISTEMA DE GESTÃO E PLANEJAMENTO MUNICIPAL

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

É possível verificar com clareza que os principais SIG's existentes no mercado têm muito pouco em comum no que tange à sua estrutura interna básica. Isso foi resultado do processo evolutivo de cada produto, cada qual inicialmente vocacionado para uma área de aplicação específica e posteriormente complementado ou emendado para compor um software de utilização mais genérica. Cada fabricante ou fornecedor organiza a divulgação a respeito de seu produto ressaltando seus pontos fortes, que são derivados principalmente daquelas áreas de aplicação para as quais o produto foi inicialmente desenvolvido.

Assim os SIG's eram vendidos por sua capacidade de gerenciar a topologia, ou pela facilidade de construção de mapas temáticos, ou por seus recursos de edição gráfica, ou ainda por seus recursos de gerenciamento de redes. Como consequência deste quadro, surgiu uma situação, que perdura até hoje, em que cada software é bom em um certo conjunto de coisas e não tão bom em outro, apesar da grande semelhança entre as listas de recursos e funções. Nenhum software predomina sobre os demais em todos os aspectos (DAVIS, 1999).

Uma das mais importantes funções de um Sistema de Informações Urbano é a possibilidade que ele deve oferecer para integrar dados de diversas fontes e formatos e gerar informação adicional pelo cruzamento destes dados.

O desenvolvimento de um Sistema específico para cada município, que vislumbre a possibilidade de contemplar as suas necessidades é o principal objetivo deste trabalho.

A metodologia está alicerçada no desenvolvimento de um protótipo de Sistemas de Informações que opere sobre um banco de dados geográfico, que

integre o mapeamento urbano e o cadastro imobiliário e permita o compartilhamento das informações em todos os níveis da Administração Municipal.

5.2 MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DO SGPM

O modelo computacional para o desenvolvimento do Sistema foi construído a partir dos paradigmas da orientação a objeto.

A metodologia de orientação a objetos define uma notação e um processo para a construção de sistemas computacionais complexos. Realça a importância de extrair explicitamente uma hierarquia de classes e objetos do sistema que está sendo modelado, bem como a necessidade de visualizar, previamente, decisões que permitam a incorporação de todos os atributos de um sistema complexo bem estabelecido (hierarquia, componentes primitivos, relacionamento intracomponentes, composição em subsistemas e evolução) (COURTOIS in LAPOLLI, 1994).

5.2.1 Modelagem

A modelagem do Sistema de Informações proposto, que representa as informações do Cadastro Imobiliário, foi executada utilizando-se a linguagem Multidata – MDT.

Embora o Cadastro Imobiliário possua mais informações textuais do que geográficas, como ocorre, também no Modelo Geo-MDT, apresentado anteriormente, sua aplicabilidade ocorre devido a capacidade do modelo de representar formalmente as leis que governam os objetos modelados.

Na modelagem, os principais elementos do Cadastro foram considerados como objetos simples ou complexos, já os elementos secundários como valores. Para facilitar a distinção entre estes elementos os objetos foram nomeados com o prefixo “O_” e os valores com o prefixo “V_”.

A ferramenta de modelagem MDT apresenta duas telas de visualização da informação, Schema Browser e Item Browser.

A tela principal, Schema Browser (figura 5.1), é dividida nas seguintes áreas, Object, Value, Undefined, Compound, Component, Ancestor, Descendent e Description.

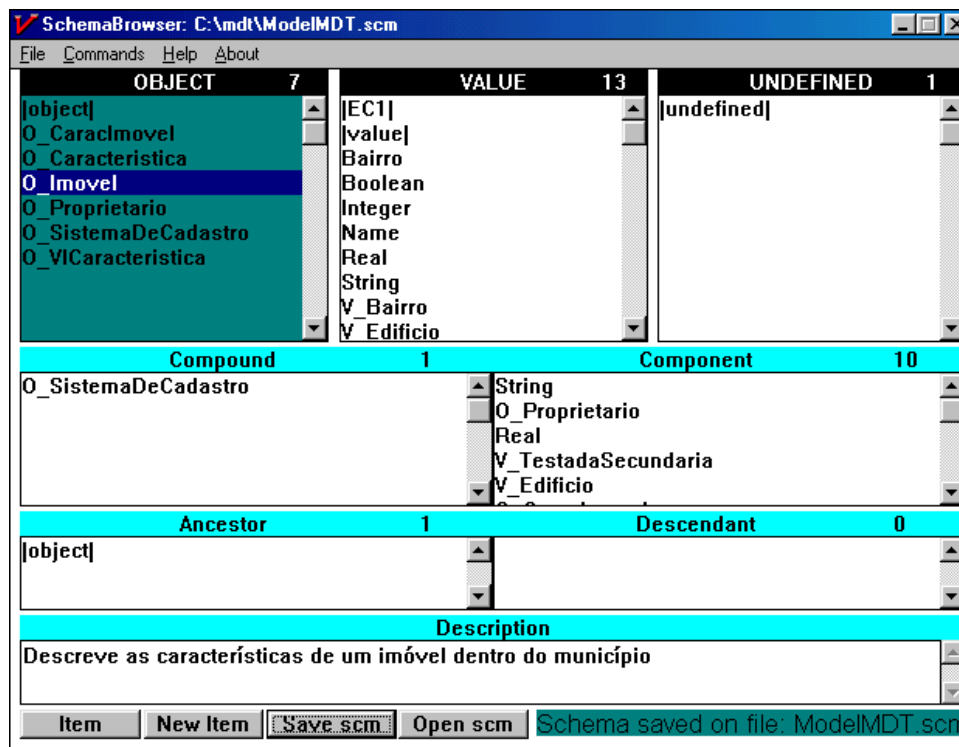


Figura 5.1 - Tela Schema Browser – Modelo MDT

Na área Object são relacionadas todas as classes definidas para o Sistema. Na área Value ficam os valores. Na área Compound, as classes ou valores onde existem objetos da classe selecionada. A área Component mostra as classes que compõem a classe selecionada. Na área Ancestor, as super classes da classe selecionada. A área Descendent mostra as subclasses. E, por fim, a área Undefined mostra os elementos ainda não definidos.

Na tela, Item Browser (figura 5.2), para edição de classes/valores são definidos os atributos de uma classe e as leis que governam estes atributos.

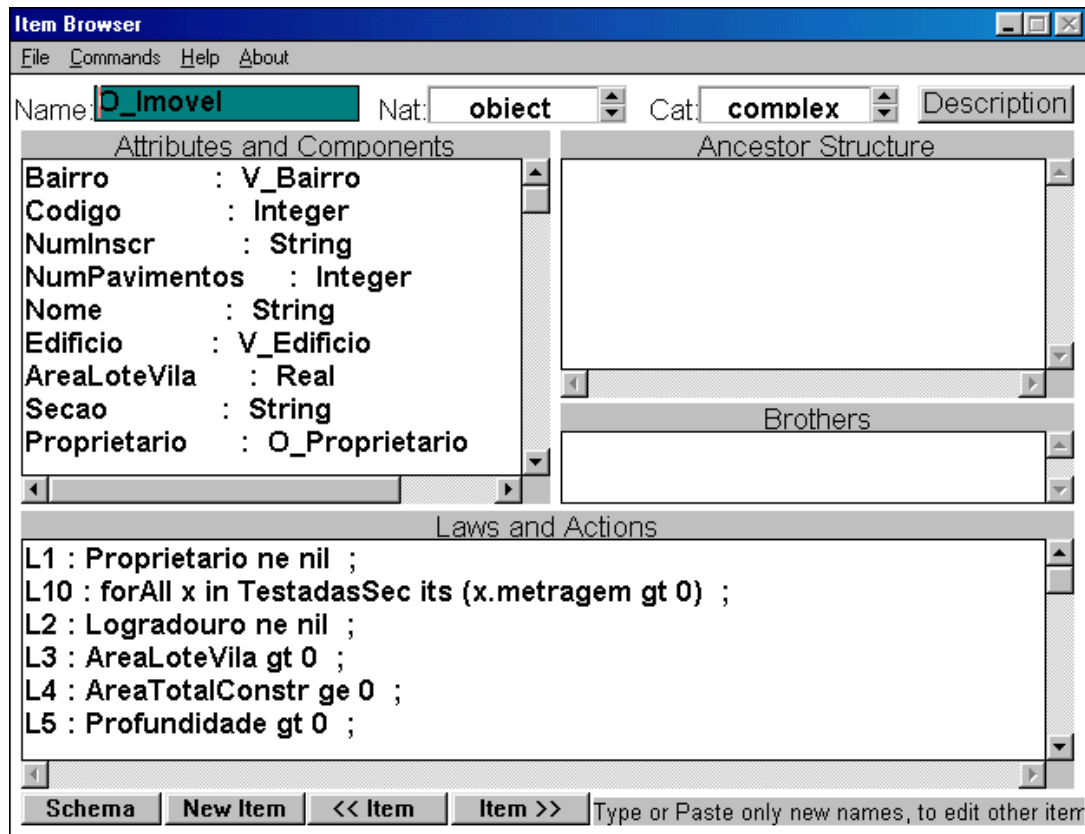


Figura 5.2 - Tela Item Browser – Modelo MDT

Na modelagem, as leis foram utilizadas para validar possíveis valores para alguns atributos e também para representar regras de integridade.

5.2.2 Desenvolvimento do Protótipo do SGPM

A implementação do Sistema proposto foi desenvolvida em Smalltalk com exceção da interface de visualização de mapas que é uma dll (Dynamic link library) gerada em Delphi.

Inicialmente foram criadas as classes baseando-se no Modelo MDT gerado.

Posteriormente alguns métodos foram adicionados para fazer a importação dos dados que seriam utilizados e que se encontravam em arquivos texto.

O passo seguinte foi a construção das interfaces para seleção das informações cadastrais imobiliária e a criação de mapas temáticos. A interface com o usuário foi estabelecida através da metodologia “Model View Controller” que é padrão em aplicações desenvolvidas em Smalltalk (figura 5.3). Esta metodologia visa separar o código referente a interface com o usuário do código referente a lógica do sistema.

Finalmente a visualização dos imóveis no mapa foi feita através de uma dll, desenvolvida em Delphi, que manipula um “arquivo de formas” (Shapefiles). Estes arquivos contêm informações que representam um objeto gráfico através de um conjunto de coordenadas (latitude, longitude) e associam a este objeto um identificador numérico com o qual o objeto gráfico pode ser relacionado a um objeto não gráfico.

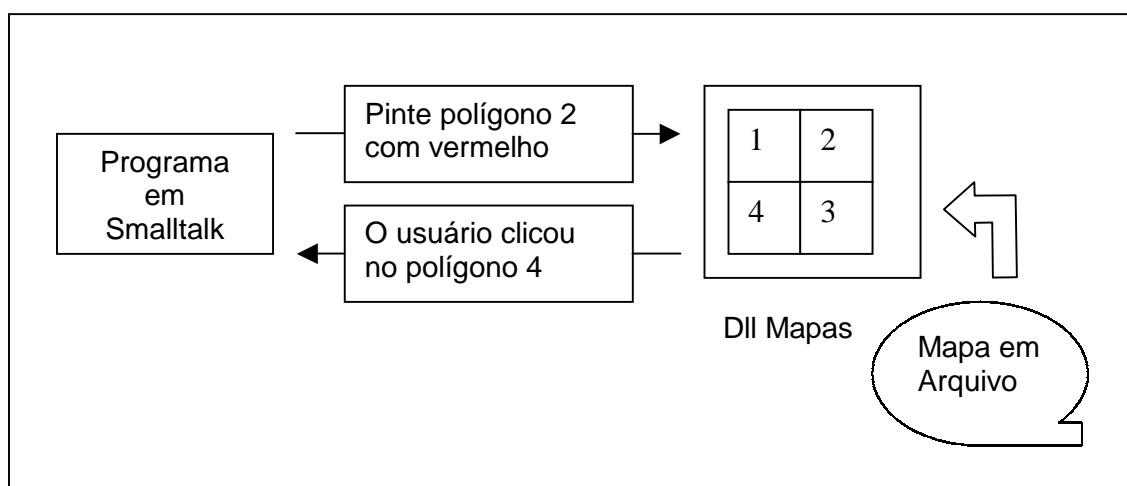


Figura 5.3 – Comunicação entre o Programa em Smalltalk e DLL para Mapas

No Sistema proposto, os objetos gráficos são polígonos que representam o terreno onde o imóvel se localiza. Esta dll oferece algumas funções para ser utilizada, dentre as quais pode-se destacar:

- a) função de callback que invoca um método de aplicativo usuário quando ocorre um duplo clique em um objeto gráfico;

- b) função para pintar um objeto gráfico com uma determinada cor. Além disso ela oferece uma interface para visualizar e interagir com o mapa através de funções de zoom in, zoom out entre outras.

A interface de seleção de imóveis filtra um conjunto de imóveis de acordo com as características informadas e invoca a função da dll para pintar com uma cor específica o conjunto de imóveis filtrados. Já a interface de criação de mapas temáticos define uma cor para cada valor de uma característica e pinta todos os imóveis de acordo com o seu valor para a característica selecionada. Estas interfaces podem ser visualizadas na próxima seção.

5.2.3 Visão Geral do SGPM

O Sistema de Planejamento e Gestão Municipal – SGPM é composto de dois módulos principais. Um para identificar a localização dos imóveis com uma determinada característica e um para a criação de mapas temáticos, de acordo com o valor de uma determinada característica.

A interface principal é composta por duas partes (figura 5.4). A parte superior para acesso às funcionalidades e a tela inferior para visualização do mapa do município.

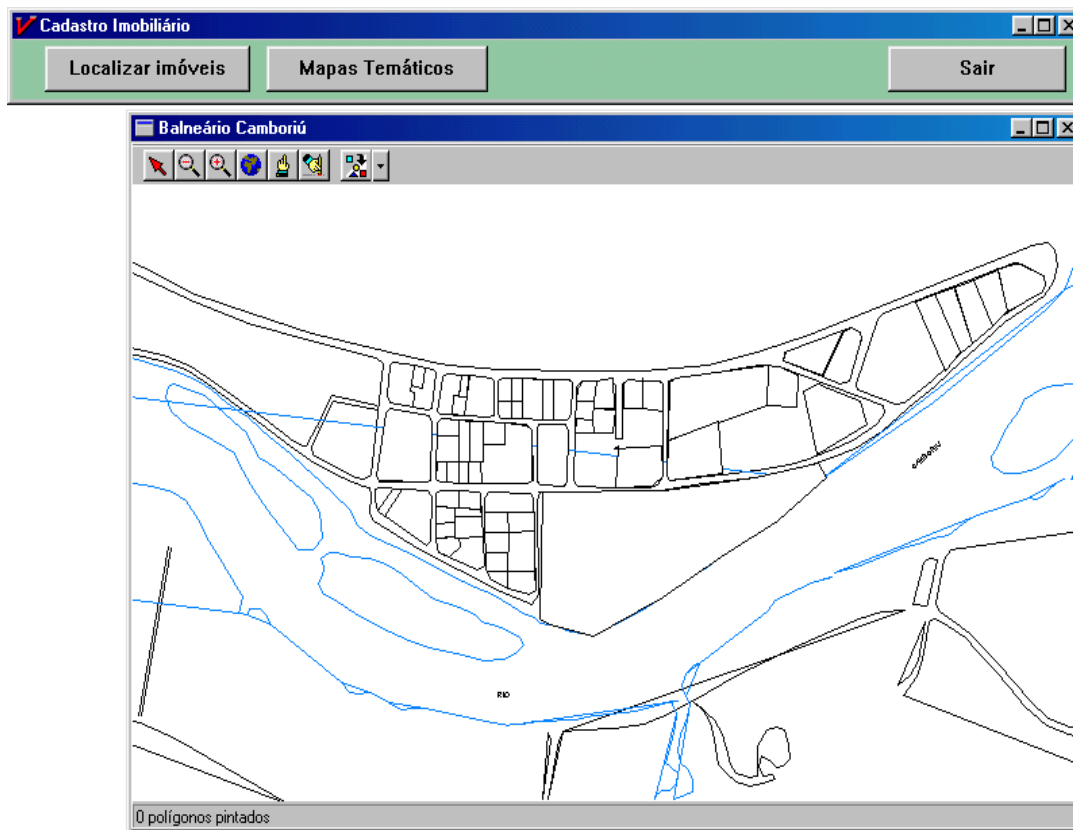


Figura 5.4 – Interface Principal – SGPM

A partir do botão Localizar Imóveis é acessada uma tela onde o usuário deve preencher as características dos imóveis a serem localizados (figura 5.5).

Seleção de Imóveis

Localização

Nro. Inscrição

Logradouro: AV ATLANTICA

Bairro

Loteamento

Edifício

Medidas

Área Construída Total: 0

Área Construída Unid.: 0

Área do Lote: >= 500

Testada Principal: 0

Profundidade: 0

Características

Característica	Valor
Ocupação do lote	Construído

Proprietário

Nome

Cidade

Figura 5.5 – Tela para Escolha das Características – SGPM

Após a escolha das características, os imóveis que possuem as características indicadas serão pintados e uma tela com uma lista das inscrições imobiliárias destes imóveis é mostrada à esquerda (figura 5.6).

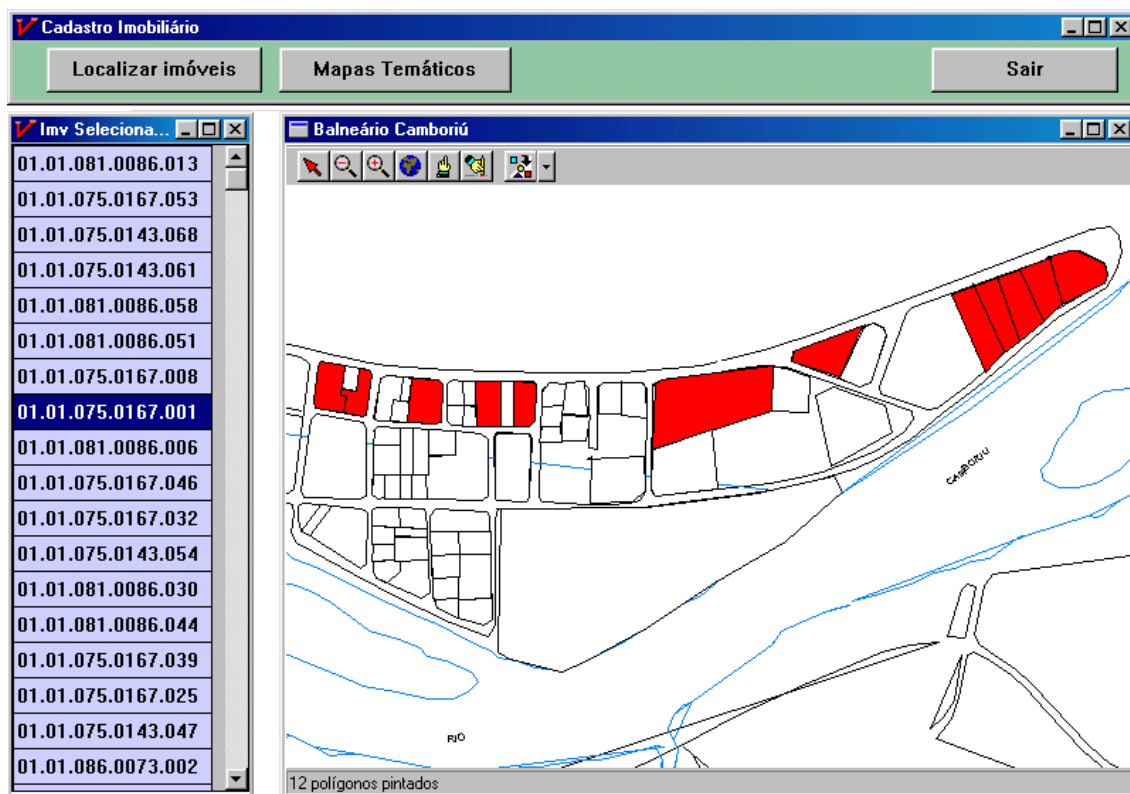


Figura 5.6 – Resultado da Localização – SGPM

Através do mapa, o usuário pode acessar uma tela com as características de cada imóvel, simplesmente clicando sobre o polígono que o representa (figura 5.7).

Cadastro Imobiliário

Localizar imóveis Mapas Temáticos Sair

Imv **Ficha do Imóvel**

01.01. Localização

01.01. Nro. Inscrição 01.01.075.0167.001

01.01. Logradouro AV ATLANTICA

01.01. Bairro CENTRO

01.01. Loteamento

01.01. Edifício LADY

01.01. Metragens

01.01. Testada Princ. 19.5 Nro Unidades 54

01.01. Profundidade 33.0 Area do Lote 691.5

01.01. Afast. Frontal 0.0 Area Contr p/ Unid 219.84

01.01. Qtd. Pavtos 16 Area Contr Total fffffiÁ@i

01.01. Proprietário

01.01. Nome BROER PETRUS FAZZI

01.01. Cidade CURITIBA

01.01. Estado PR

01.01. Características

Característica	Valor
Ocupação do lote	Construído
Patrimônio	Particular
Utilização	Comércio
Imposto	Tributável
Taxas	Tributável

01.01.075.0143.047

01.01.086.0073.002

R/O

12 polígonos pintados

Figura 5.7 – Propriedades do Imóvel – SGPM

A partir do botão Mapas Temáticos, o usuário acessa uma tela onde ele pode escolher uma característica dos três grupos existentes, Geral, Edificação e Terreno. Escolhida a característica, para cada valor possível é atribuída uma cor que será utilizada para a criação do mapa. Depois de escolher as cores o resultado é mostrado na interface do mapa (figura 5.8).

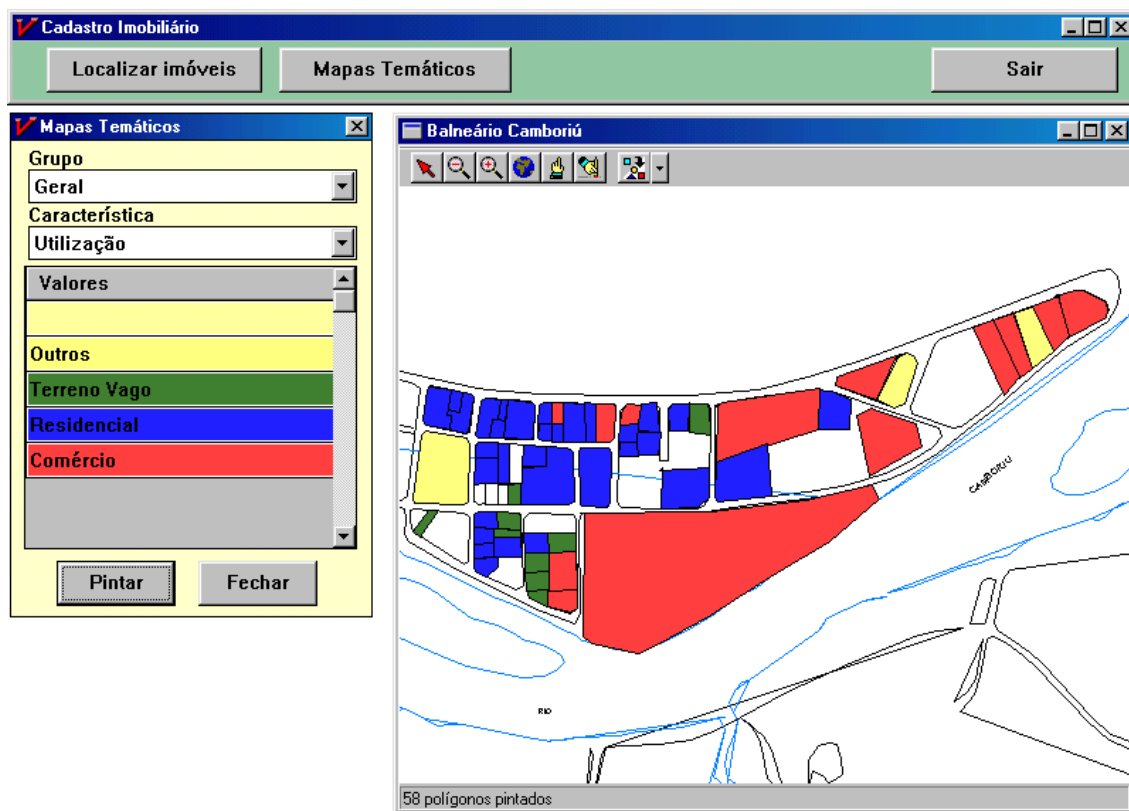


Figura 5.8 – Mapas Temáticos – SGPM

5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os SIG's são modelos ou representações do “mundo real” que permitem uma manipulação ágil, ampla e precisa dos dados com que se percebem os fenômenos que interferem na realidade.

Estes sistemas computacionais normalmente apresentam dificuldades relacionadas ao custo e à complexidade das tarefas que devem ser implementadas.

O desenvolvimento do SGPM foi baseado no modelo de informações cadastrais imobiliárias, agregando as estruturas de dados e funcionalidades específicas na gerência de informações geoprocessadas e dados gráficos contemplando os temas relevantes à representação do espaço urbano.

As implementações foram desenvolvidas em Smalltalk, embora esta e outras LOO's ainda não sejam eficientes o bastante para competir com as linguagens convencionais. Por outro lado, são potencialmente úteis para a construção de protótipos rápidos, para uso na depuração das especificações de aplicações. Sistemas funcionalmente corretos podem ser implementados, rapidamente, em Smalltalk e colocados à disposição dos usuários para utilização experimental. Modificações nas especificações podem ser facilmente implementadas e testadas realisticamente em muitos casos. Desta forma torna-se possível convergir mais rapidamente para um produto idealmente próximo das expectativas do usuário.

6 APLICAÇÃO PRÁTICA

6.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A modernização dos municípios de pequeno e médio porte tem sido uma grande preocupação do Governo Federal. Modernização com vistas a melhorar a eficiência administrativa, aumentando a arrecadação e racionalizando os gastos (CARVALHO, 2000).

Planejar adequadamente é uma tarefa imprescindível para a administração municipal.

Dentro deste contexto, mostra-se, neste capítulo, através de diversas aplicações, que a abordagem proposta é bastante adequada para casos em que é necessário obter informações para fins de gerenciamento e planejamento urbano.

Inicialmente faz-se a apresentação da área de estudo, justificando a sua escolha, demonstrando a sua localização e suas principais características.

A seguir são apresentadas as metodologias adotadas para o levantamento dos dados necessários à implementação do Sistema – SGPM.

Posteriormente, passa-se a aplicação prática, propriamente dita, onde se demonstra ser o SGPM um sistema integrador de um conjunto de informações, visando atingir objetivos específicos.

Finalmente, é apresentada uma análise sobre o desempenho do Sistema.

6.2 ÁREA DE ESTUDO

Para consolidar a metodologia sugerida como suporte ao planejamento e à tomada de decisão optou-se por desenvolver o trabalho junto ao município de Balneário Camboriú /SC.

Este município foi escolhido por ser um importante pólo de turismo do Estado e como conseqüência possuir alta representatividade na questão do crescimento urbano observado nas últimas décadas.

A Prefeitura Municipal de Balneário Camboriú representa, também, a realidade das demais prefeituras de pequeno porte, ou seja, é carente de recursos humanos e financeiros, conseqüentemente de tecnologias que permitam agilizar o processo de planejamento.

Estabelecer uma estrutura adequada ao gerenciamento, à manutenção e atualização da informação foi um desafio do qual participamos através da formação de um banco de dados confiável e padronizado, o Cadastro Imobiliário.

Desta forma, desenvolvemos e acompanhamos todo o processo, desde a captura da informação, através da elaboração do Cadastro Imobiliário de Balneário Camboriú até a implementação do “Sistema proposto”, ou seja, representando a informação necessária como suporte à pesquisa, ao planejamento e à tomada de decisão.

6.2.1 Localização da Área de Estudo

O município de Balneário Camboriú localiza-se na microrregião da Foz do Rio Itajaí e esta situado a 26°59'26" de latitude sul e 48°38'05" de longitude oeste (IBGE, 1998). A microrregião da Foz do Rio Itajaí possui uma área total de 1.531Km², corresponde a 1,6% da área do Estado. Limita-se ao leste com o Oceano Atlântico, ao sul com a microrregião da Grande Florianópolis, ao norte com a microrregião do Vale do Rio Itapocú e a oeste com a microrregião do Médio Vale do Itajaí.

É servida pela BR-101, que se estende no sentido norte/sul, pela Br-470 no sentido leste/oeste.

A localização da área de estudo pode ser visualizada na figura 6.1, mostrada a seguir.

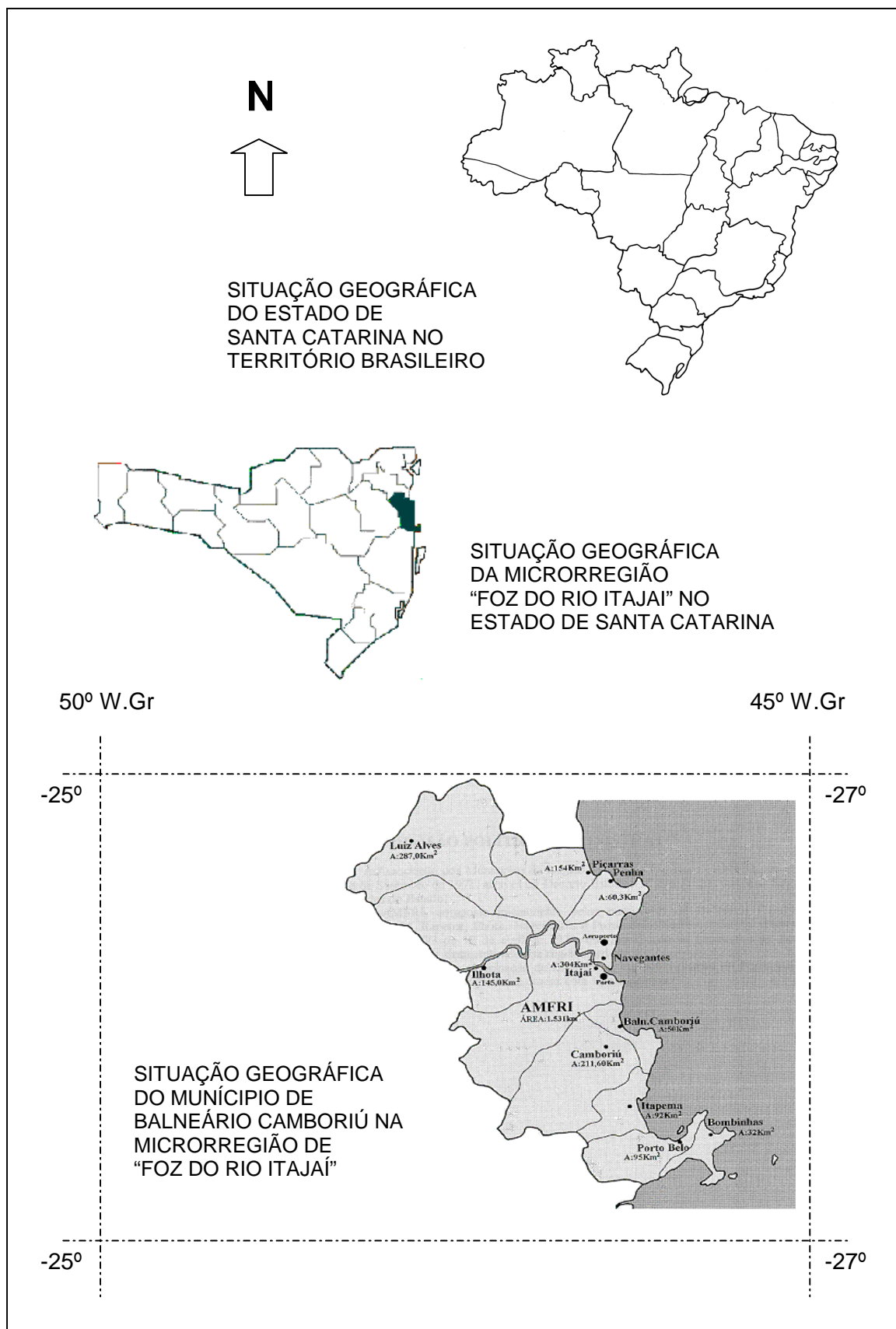


Figura 6.1 – Localização da Área de Estudo

6.2.2 Principais características do Município de Balneário Camboriú

Balneário Camboriú foi instituído como local de interesse turístico nacional na orla marítima, pela Lei 6.513/77.

Balneário Camboriú é a maior cidade turística do Atlântico Sul, e uma das maiores da Região Sul durante a temporada de verão, quando passam pelo município mais de 800 mil pessoas. Toda a população fixa vive na área urbana, já que toda a área é tomada pela cidade (PBDE-E, 1998).

Todo esse fluxo de turistas tem gerado problemas na infra-estrutura básica do balneário. A capacidade de abastecimento de água fica bastante reduzida com as estiagens, comuns nesta época, e com a extensão da rede para o atendimento de uma população dez vezes maior que o seu normal.

Os esgotos clandestinos continuam a serem depositados nas areias da praia e o tratamento do mesmo fica dificultado pelo aumento do volume.

O fluxo de veículos é confuso devido a falta de opção, já que são apenas duas grandes avenidas, Atlântica e Brasil, que cobrem toda a extensão da praia.

Mais de 4 mil apartamentos são alugados e a rede hoteleira conta com 80 estabelecimentos, num total de 11.390 leitos.

Nos últimos anos, o número de visitantes da terceira idade aumentou muito e movimentou a economia local durante sete meses no ano, de abril a outubro, principalmente.

Além da extensa faixa de praia da cidade, existem outros balneários que chamam a atenção por suas peculiaridades. Na praia do Pinho foi instalado o primeiro reduto naturista do país, com o apoio da Prefeitura.

Existem ainda as praias de Laranjeiras, Taquaras, Taquarinhas, Estaleiro, Estaleirinho e Mato Camboriú.

No setor industrial destaca-se o ramo da construção civil.

A agricultura é inexistente.

Um dos mais recentes problemas de Balneário Camboriú é o surgimento de favelas. Famílias vêm do Oeste do Estado, do Paraná e do Rio Grande do Sul para ocupar as vagas na construção civil e ficam no município depois que a obra é concluída, sem terem qualquer tipo de qualificação profissional, ficam a espera de uma nova chance na construção civil.

No extremo sul do balneário, há um rio sinuoso que deságua no mar, onde ficam atracadas várias embarcações que realizam passeios turísticos pela região. Possivelmente foi deste curso d'água que surgiu o nome do município.

Segundo fontes populares, sobre a acentuada curva do rio, próximo a foz, os pescadores davam informações aos que passavam por ali, dizendo a eles: “camba o rio”, ou seja “faça a curva”. As duas palavras através da lei do menor esforço, se aglutinaram formando Camboriú. Mas a palavra também pode ter origem na língua tupi-guarani, onde cambori é o nome do peixe robalo e o sufixo “U” significa criadouro, desta espécie.

6.3 LEVANTAMENTO DOS DADOS NECESSÁRIOS À IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA

Parte dos dados cadastrais imobiliários de Balneário Camboriú serviram de base para a implementação do protótipo do Sistema de Informações proposto neste trabalho – SGPM.

A Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UNIVALI-(FAUVI) através de um convênio firmado com a Prefeitura Municipal de Balneário Camboriú elaborou e executou o método de trabalho para a formação do Cadastro Imobiliário deste município.

As áreas de atuação da pesquisa são: Centro, Bairro dos Pioneiros, Nações, Estados, Municípios e Vila Real, como pode ser visto no **anexo 1** deste trabalho.

Coube a Prefeitura fornecer a base cartográfica do voo aerofotogramétrico existente da área em estudo (esc.:1:5000), assim como permitir o acesso às informações existentes no atual cadastro imobiliário e a todo material que fosse relevante ao bom andamento do trabalho.

A FAUVI coube elaborar e executar o método de trabalho para a elaboração do Cadastro Imobiliário do município, conforme descrito abaixo:

- a) Coletando informações descritivas, ou seja, todos os elementos que caracterizam a área de estudo.
- b) Levantando e organizando as Plantas da Unidade de Documentação.
- c) Cadastrando as informações obtidas.
- d) Complementando as fichas de alinhamento com elementos da divisão territorial, equipamentos urbanos e alguns elementos de infraestrutura.
- e) Complementando e atualizando constantemente os itens acima citados.

6.3.1 Metodologia

O sistema de trabalho foi proposto para ser desenvolvido por Unidades Territoriais (UT), ou seja, a cada UT realizada foi liberado um bloco da pesquisa. A divisão territorial do município pode ser vista no **anexo 2**.

No processo de recadastramento há dois documentos fundamentais: as fichas de registro cadastral e as plantas cadastrais. Além desses documentos há a planta cadastral índice.

As fichas cadastrais são os elementos de pesquisa.

Uma vez preenchidos *in loco* pelos pesquisadores, as informações foram transferidas para as plantas cadastrais das quadras, em desenho à lápis. Uma planta geral, em escala reduzida, foi feita para servir de índice das quadras e unidades territoriais a fim de facilitar a localização dos elementos procurados nas plantas cadastrais e fichas.

Três modelos de fichas cadastrais foram elaborados para facilitar o processo de coleta de dados, conforme o tipo de imóvel e/ou equipamento público a pesquisar, são eles:

- a) Boletim Cadastral Imobiliário (BCI),
- b) Boletim Cadastral de Edifícios (BCE) e
- c) Boletim Cadastral de Quadra (BCQ).

Até o presente momento foram levantados os dados referentes aos dois primeiros boletins citados anteriormente.

No **anexo 3** pode-se verificar as informações que foram levantadas em campo, utilizando-se as fichas cadastrais.

6.4 APLICAÇÕES DA ABORDAGEM PROPOSTA

A maior parte das decisões tomadas por órgãos de gestão e planejamento urbano envolve um componente geográfico diretamente ou por implicação, daí a importância que as tecnologias de geoprocessamento adquirem para a moderna gestão da cidade. Uma das mais importantes funções do SGPM é a possibilidade que ele oferece para integrar dados de diversas fontes e formatos e gerar informação adicional pelo cruzamento destes dados.

O desenvolvimento do SGPM, como já citado anteriormente, foi baseado no modelo de informações cadastrais imobiliárias, agregando as estruturas de dados e funcionalidades específicas na gerência de informações

geoprocessadas e dados gráficos contemplando alguns temas relevantes à representação do espaço urbano.

As consultas disponíveis foram definidas, assim como os mapas temáticos gerados pelo Sistema.

6.4.1 Consultas Disponíveis

As consultas disponíveis foram definidas com base nas informações contidas no Boletim de Cadastro Imobiliário. No Sistema, elas podem ser acessadas através da função “Localizar Imóveis”.

Uma vez selecionado o tipo de pesquisa, o Sistema retorna como resultado a identificação dos imóveis com as características que foram determinadas, apresentando uma tela com as inscrições imobiliárias desses imóveis, as suas localizações no mapa do município e outra tela com as suas principais características.

No quadro a seguir apresentam-se todos os tipos de pesquisa passíveis de serem executadas, assim como os resultados gerados pelo sistema (quadro 6.1).

PESQUISA		RESULTADOS	
Localização	Nº. Inscrição Imobiliária	<ul style="list-style-type: none"> - Relaciona todas as inscrições imobiliárias dos imóveis com as características selecionadas na pesquisa 	
	Logradouro		
	Bairro		
	Loteamento		
	Edifício		
Medidas	Área Construída Total	<ul style="list-style-type: none"> - Localiza estes imóveis no mapa do município - Relaciona todas as informações cadastrais referentes ao imóvel selecionado, segundo: <ul style="list-style-type: none"> - Localização - Metragens - Proprietário - Características sobre o tipo de ocupação do lote, tipo de utilização, tipo de patrimônio, etc. 	
	Área Construída Unid.		<
	Área do Lote		>
	Testada Principal		=
	Profundidade		>=
Características	Características: Ocupação do Lote, Patrimônio, Utilização, Etc.		
	Valor: Comercial, Residencial, Industrial, Etc.		
Proprietário	Nome		
	Cidade		

Quadro 6.1 – Consultas Disponíveis – SGPM

6.4.2 Mapas Temáticos

Os mapas temáticos são gerados a partir do cruzamento de todas as informações que compõem o Cadastro Imobiliário do Município.

No Sistema, a manipulação da informação para criação dos mapas temáticos é feita a partir da função “Mapas Temáticos”. Uma vez especificados os tipos de informações requeridas, o Sistema retorna como resultado o mapa temático referente à combinação das informações solicitadas na pesquisa.

No quadro abaixo, são apresentadas todas as possibilidades de criação de Mapas Temáticos, conforme as especificações feitas na pesquisa (quadro 6.2).

PESQUISA			RESULTADOS
Grupo	Características	Valores	
Geral	Ocupação do Lote	Const. em andamento	Os mapas gerados representam as características selecionadas na pesquisa.
		Construído	
		Em demolição	
	Patrimônio	Público	
		Particular	
	Utilização	Residencial	
		Comercial	
		Industrial	
		Outros	
	Impostos	Tributável	
		Não tributável	
	Taxas	Tributáveis	
Não tributáveis			
Terreno	Situação	Uma frente	
		Mais de uma frente	
	Topografia	Plano	
		Irregular	
	Pedologia	Inundável	
		Firme	
		Alagado	
	Terreno	Mangue	
		Normal	
	Delimitação	Marinha	
Muro			
Cerca			
Edificação	Localização	Livre	
		Fundos	
	Posição	Conjugada	
		Geminada	
		Isolada	
	Cobertura	Telha de barro	
		Laje	
		Cimento Amianto	
	Tipo	Loja	
		Garagem	
Apartamento			
Alinhamento	Alinhada		
	Recuada		

Quadro 6.2 – Mapas Temáticos – SGPM

6.4.3 Resultados da Pesquisa

As informações disponíveis no Sistema são úteis para a Administração Municipal tomar decisões na pesquisa, no planejamento e no gerenciamento.

Possuir toda informação de forma ágil e organizada é muito útil na medida em que evita a duplicidade da informação, a localização dispersa dos dados, além de otimizar o tempo necessário para efetivar a pesquisa e conseqüentemente tomar a decisão.

Os resultados apresentados são essenciais, por exemplo, para:

- a) Estabelecer diretrizes para elaboração de Leis de Uso e Ocupação do Solo
- b) Estabelecer diretrizes para elaboração de Planta de Valores
- c) Estabelecer local apropriado para alocação de equipamentos públicos

O conhecimento do território através de suas características predominantes é fundamental para definir as regras de uso e ocupação do solo. A partir desse conhecimento pode-se referenciar a ação dos que constroem e habitam a área urbana, estabelecendo-se o Zoneamento Municipal.

O mesmo conhecimento é necessário para estabelecer a Planta de Valores Municipal, a fim de promover a cobrança justa e correta do Imposto Territorial Urbano (IPTU), evitando, desta forma, a cobrança de valores diferentes para imóveis localizados numa mesma área e com características semelhantes.

Para tanto, a pesquisa deve, inicialmente, estar calcada no levantamento dos vários tipos de usos e grau de ocupação já existentes no município. Posteriormente, o levantamento das características da edificação e do terreno.

As figuras a seguir permitem identificar o resultado apresentado pelo SGPM na pesquisa sobre Uso e Ocupação atual do solo, assim como a identificação das principais características dos imóveis.

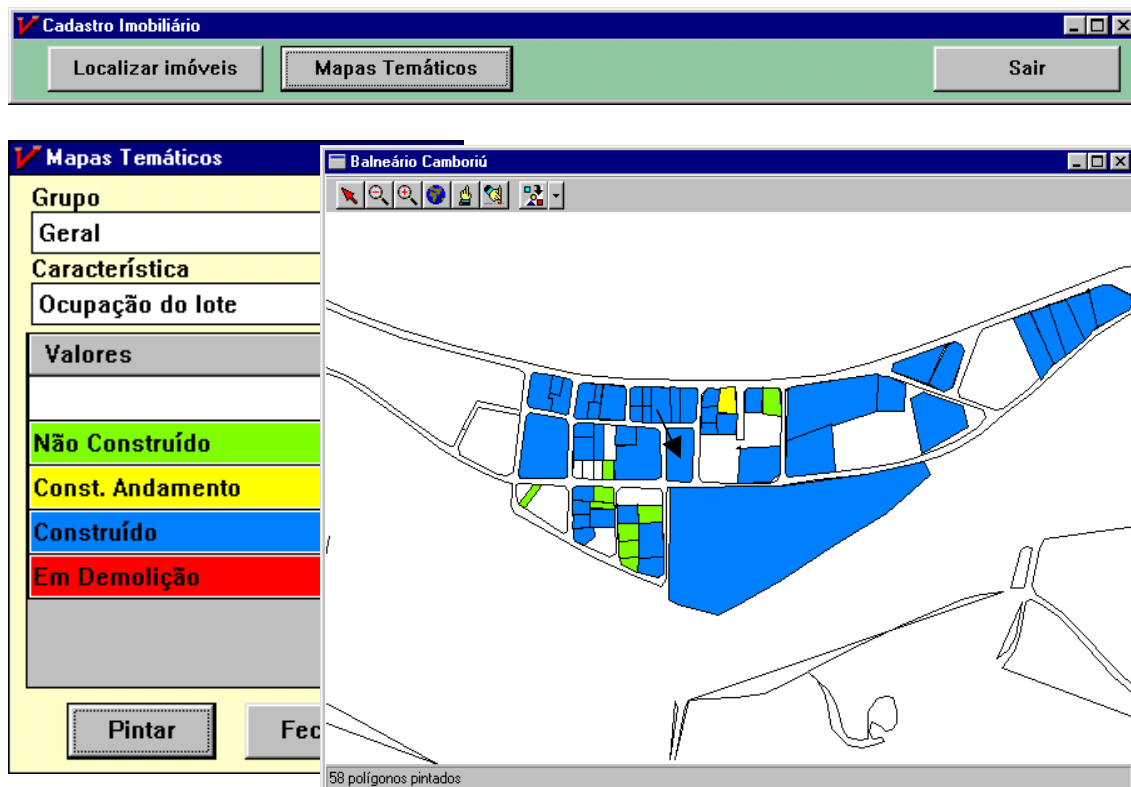


Figura 6.2 – Ocupação Atual do Solo – SGPM

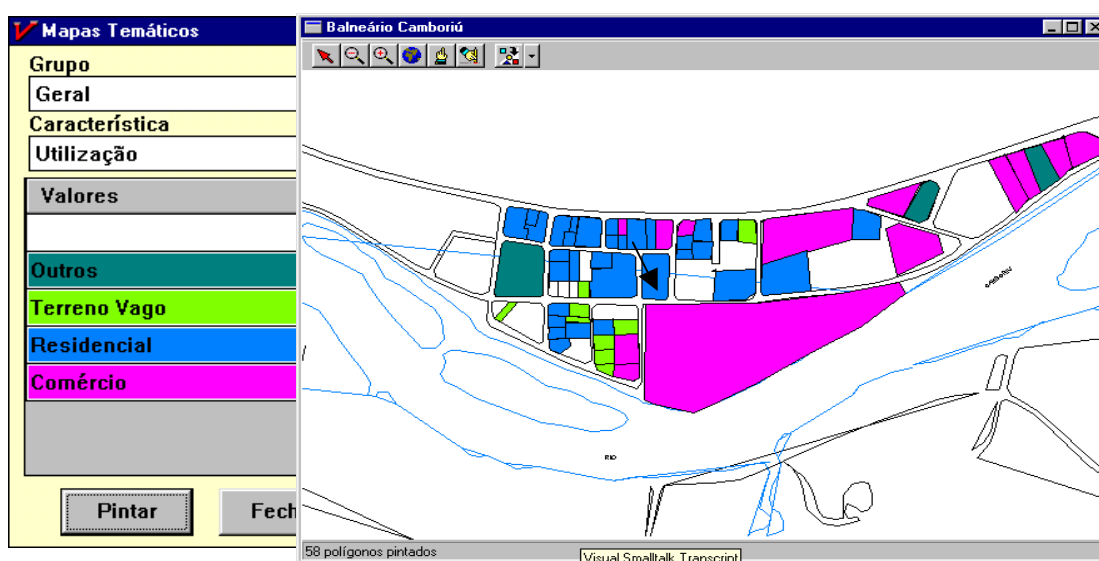


Figura 6.3 - Uso Atual do Solo - SGPM

The image displays two overlapping windows from a software application, both titled 'Ficha do Imóvel'. The top window is for property 01.01.082.0188.001, and the bottom window is for property 01.01.082.0188.002. Both windows share the same layout and data.

Localização

Nro. Inscrição: 01.01.082.0188.001
 Logradouro: RUA 4502
 Bairro: CENTRO
 Loteamento:
 Edifício:
 (The bottom window has the same data but with Nro. Inscrição: 01.01.082.0188.002)

Metragens

Testada Princ.: 32,0 Nro Unidades: 2
 Profundidade: 62,0 Area do Lote: 1993,0
 Afast. Frontal: 0,0 Area Contr p/ Unid: 385,0
 Qtd. Pavtos: 1 Area Contr Total:
 (The bottom window has Area Contr p/ Unid: 70,0)

Proprietário

Nome: OLIVIO FELICIN TOMASI
 Cidade: CURITIBA
 Estado: PR

Características

Característica	Valor
Ocupação do lote	Construído
Patrimônio	Particular
Utilização	Residencial
Imposto	Tributável
Taxas	Tributável

Figura 6.4 – Características dos Imóveis Selecionados – SGPM

Equipamentos Urbanos são edifícios e/ou equipamentos necessários para o desenvolvimento das atividades administradas pelo poder público, tais como, educação e cultura, saúde, abastecimento, desenvolvimento social, lazer e mobiliário urbano.

O planejamento dos equipamentos urbanos deve obedecer duas premissas básicas, a escolha da localização dos edifícios públicos e as características físicas da edificação.

Para estabelecer a alocação dos equipamentos públicos no município, tais como, creches, postos de saúde, mercado público, bibliotecas, playgrounds, etc, a Administração Municipal deve ter pleno conhecimento do território.

A pesquisa deve, inicialmente, apontar os imóveis com as características desejadas e que sejam pertencentes ao Município.

A figura 6.5 a seguir exemplifica esta tarefa, determinando a localização dos imóveis públicos e as suas características.

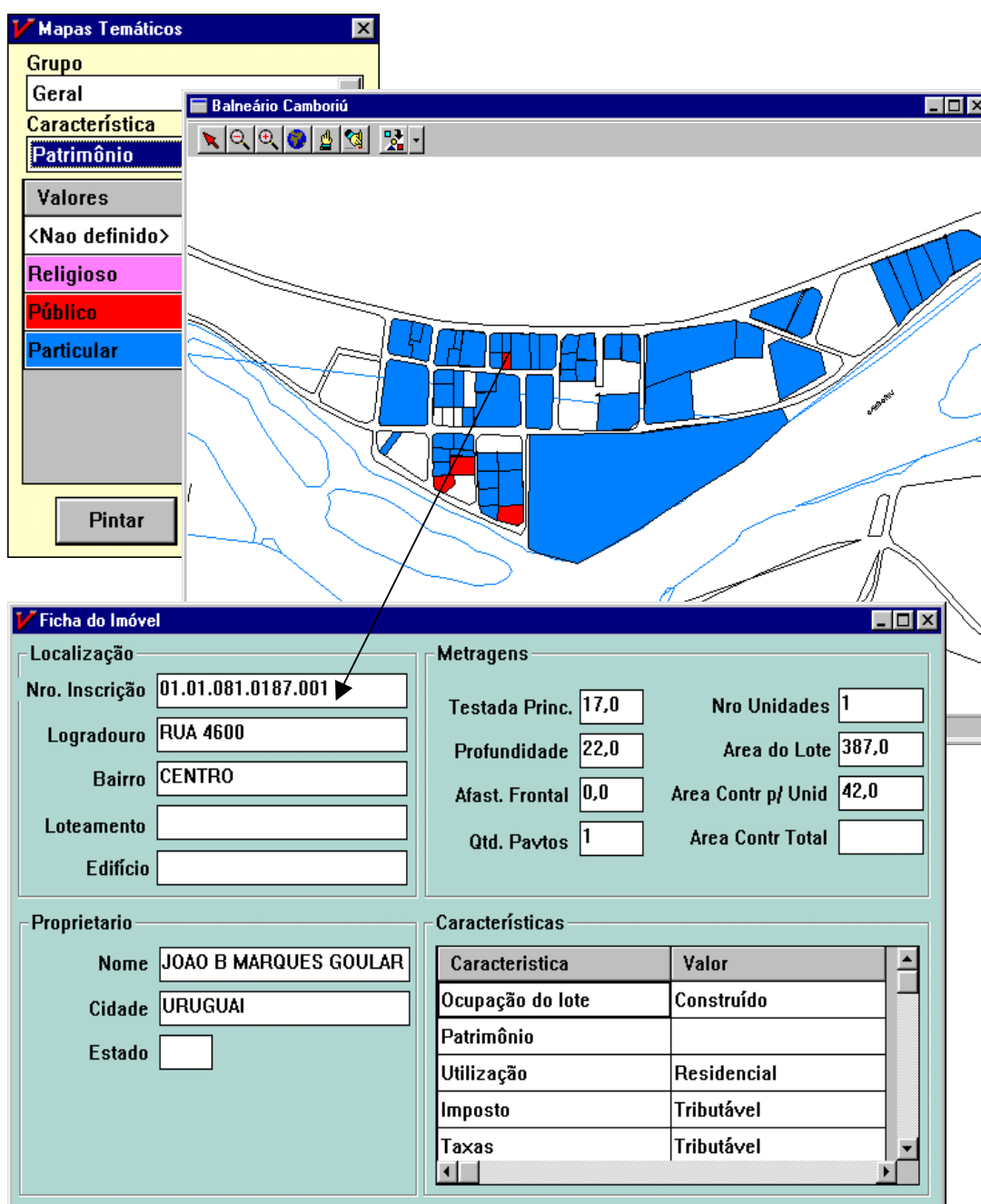


Figura 6.5 – Determinação do Patrimônio Público e das Características do Imóvel Selecionado – SGPM

6.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Avaliando-se o desempenho global do Sistema de Gestão e Planejamento Municipal – SGPM verifica-se um resultado bastante eficiente, uma vez que ele se constitui de completo inventário do patrimônio municipal, organizado de modo a permitir o fornecimento de informações eficazes e necessárias às atividades fazendárias de lançamento de tributos municipais, à prestação de serviços e controle do desenvolvimento urbano.

Ele permite rápida e precisa identificação e avaliação de cada unidade imobiliária, principalmente quanto às suas características físicas.

A pesquisa abrange todos os imóveis de propriedade urbana de parte do município, com as características essenciais do imóvel e de seu uso atual.

As informações levantadas abrangem a identificação do imóvel (territorial ou predial), informações do proprietário, características físicas do terreno, do solo e características da edificação.

Os mapas temáticos permitem a visualização espacial das informações levantadas.

Estas informações são essenciais para duas grandes áreas da atuação municipal:

- a) Arrecadação Municipal
- b) Planejamento Urbano

A cobrança do IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano) em prefeituras municipais de pequeno e médio porte é a base da arrecadação municipal e a confiabilidade dos dados cadastrais é um fator importante para o aumento da arrecadação. Entretanto, na maioria destas prefeituras, a cobrança dos impostos é baseada em um banco de dados alfanumérico, sem qualquer referência espacial.

O Planejamento Urbano, por sua vez, é a meta fundamental da Administração Municipal. Cabe aqui destacar que é através do pleno conhecimento do território que se concretizam efetivamente os programas de ações municipais.

Dentro deste contexto, pode-se prever através de um incremento de funções ao SGPM, tais como, estatísticas, modelos matemáticos, dados sócio-econômicos, dados de infra-estrutura, obter-se-á resultados específicos, tais como:

a) Arrecadação Municipal:

- Definição dos setores fiscais
- Controle de autuações por setores
- Identificação de inadimplências
- Quantificação dos pagamentos em cota única
- Totalização de áreas construídas por setor tributário e tipo de construção
- Mapeamentos

b) Planejamento Urbano:

- Termos de referência para Plano Diretor de Leis de Uso e Ocupação do Solo
- Projetos do Sistema Viário: dimensionamento e pavimentação
- Projetos de Transporte Urbano: dimensionamento da frota e rotas
- Definição de novos serviços
- Localização dos imóveis públicos para posterior definição de utilização

- Diagnósticos: perímetro urbano, áreas críticas e de preservação, usos inadequados, usos nocivos, etc.
- Área rural: escolas rurais, postos de saúde, estradas vicinais, etc.
- Planos de saúde: ambulatorial e odontológico
- Mapeamentos

Desta forma, também, outras áreas da atuação municipal podem ser beneficiadas.

Uma área particularmente relevante é a Saúde. Nesse caso o aspecto a destacar é a grande disponibilidade de dados para análise, visualização e cálculo de estatísticas. Exemplos significativos são os dados de natalidade, mortalidade infantil, epidemias, doenças de trabalho, etc.

Quando visualizamos um padrão espacial é muito útil traduzi-lo em considerações objetivas. O padrão que observamos é aleatório ou apresenta uma agregação definida? Esta distribuição pode ser associada a causas mensuráveis? Muitas vezes o problema pode estar relacionado com fatores ambientais, tais como a proximidade de indústrias químicas, ou ainda apresentar uma trajetória espacial, como no caso de disseminação de epidemias.

Com os dados no mapa é possível definir melhor as ações de fiscalização, as áreas de perigo, a maneira de evitar ou controlar a proliferação de certas doenças.

O Meio Ambiente é, também, uma área de atuação muito significativa na gestão municipal.

Os principais resultados obtidos com a utilização das ferramentas de geoprocessamento:

- Mapas de vulnerabilidade de deslizamentos e enchentes

- Estudo do impacto da urbanização em micro-bacias
- Identificação de áreas de risco com ocupação urbana
- Simulação do impacto de chuvas severas
- Planos de proteção de mananciais
- Planos de controle de erosão e assoreamento de rios e córregos
- Áreas indicadas à recuperação e proteção ambiental
- Termo de referência para Plano Diretor de Leis de Uso e Ocupação do Solo

Enfim, os temas que podem ser trabalhados são muitos, vão desde fisiogeografia, história, saúde, educação, saneamento e turismo, entre outros.

6.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a tarefa de gestão e planejamento urbano municipal é indispensável que toda a informação seja confiável.

O Cadastro Imobiliário, quando devidamente atualizado, constitui-se numa importante fonte de informações. Considerando-se os fatores humanos e econômicos, envolvidos neste processo, a ferramenta ideal para manipular estes dados deve ser de fácil compreensão, manuseio e custo acessível.

Com este trabalho pretende-se vencer o desafio de construir um instrumento capaz de apresentar resultados compreensíveis sobre o domínio de representação do conhecimento.

Dentro deste contexto, o SGPM, através das suas possibilidades de aplicações com a obtenção de resultados confiáveis para análises de procedimentos, para estudo, planejamento e tomada de decisão, mostrou-se eficiente.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

7.1 CONCLUSÕES

O principal benefício a ser alcançado pela Administração Municipal é a satisfação das necessidades do cidadão.

Devido à realidade tecnológica atual, as prefeituras estão redescobrimo o valor da informação correta, confiável, atualizada, disponível com agilidade, apresentada de forma conveniente, no momento da tomada de decisão. Neste caso, a informação representa uma ferramenta importante, que oferece recursos para a prestação de serviços de maior qualidade ao cidadão.

Através de planos de ações com gerenciamento em Sistemas Informativos evita-se a redundância da informação, proporcionando o mapeamento dos diversos planos, bem como critérios de alocação dos recursos humanos e financeiros nos diversos setores.

A atualização das informações espacialmente referenciadas traz benefícios aos diversos setores da Administração, permitindo, por exemplo, planejar obras de melhoria e expansão dos serviços comunitários, fazer análises espaciais sobre variáveis como educação e saúde ou verificar espacialmente a cobrança dos impostos. No último caso, a falta destas informações leva a uma sub-tributação, onde perde o município como um todo.

A existência e a disponibilidade de informação precisa, confiável e atual é um fator de aproximação entre o prestador do serviço e sua clientela, ou seja, a população como um todo. Além de atender melhor o cidadão, prefeituras estão se conscientizando da necessidade de manter seus clientes informados sobre suas ações, até para que seja possível obter destes clientes uma avaliação positiva. Para isso é necessário contar com recursos que facilitem o acesso à informação disponível.

A grande maioria das informações mantidas a respeito do ambiente urbano tem associada alguma forma de referência geográfica (como endereço, bairro, CEP, cruzamento). Assim, os Sistemas de Informações passam a cumprir o papel de ferramentas de integração de base de dados. Desta maneira, tornam-se recursos tecnológicos que permitem organizar e acessar a informação com base em conceitos muito próximos da clientela principal dos sistemas informativos urbanos, a população em geral.

Dentro deste contexto, a idéia central desta proposta é integrar as informações espaciais relativas aos recursos territoriais de cada município, gerando assim a base funcional legal para o gerenciamento do seu território. Desta forma, todos os funcionários da Prefeitura poderão ter acesso as informações integradas, contribuindo assim com um efetivo controle operacional e financeiro, auxiliando na tomada de decisão para melhor atendimento às necessidades do cidadão.

Como já referido, deve-se ressaltar que o desenvolvimento e implantação de um SIG em áreas específicas exigem metodologias próprias.

Em face destes problemas e com o intuito de simplificar esta tarefa foi desenvolvido um protótipo de Sistema de Informações – o SGPM, baseado no modelo de informações cadastrais imobiliárias.

O modelo computacional foi desenvolvido em Smalltalk, linguagem orientada a objetos, pela facilidade de construção de protótipos rápidos, para definição das especificidades das aplicações no decorrer do processo.

Ou seja, definir as necessidades específicas dos órgãos de gestão e planejamento é fundamental para o correto desenvolvimento do Sistema.

Aplicativos, utilizando técnicas de geoprocessamento e informática, customizados para cada necessidade administrativa, garantem facilidade de uso e efetividade, eliminando por completo a duplicidade de informações e serviços.

Por isso, a demonstração do protótipo em funcionamento pode ajudar muito no desenvolvimento do produto final. Isso possibilita que as pessoas envolvidas com o trabalho possam ajudar a definir o Sistema.

Além disso, o enriquecimento do Sistema pode ser promovido paulatinamente, ou seja, qualquer setor que desejar um aplicativo específico pode fazer a solicitação.

O SGPM não pretende ser apenas um banco de dados ou uma plataforma de aplicativos. Ele deve ter a habilidade fundamental de criar e gerenciar informação geo-espacial e de distribuir esta informação a quem quer que possa se beneficiar com o seu uso, ou seja, os vários setores da Administração Municipal.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Sistemas de Informações Geográficas para a prática do Gerenciamento e Planejamento Municipal – um tema muito rico e ainda com muito por fazer.

O Sistema de Gestão e Planejamento Municipal – SGPM permitiu a análise da importância do desenvolvimento de Sistemas Informativos específicos para cada município. As aplicações validaram a sua funcionalidade.

Tendo como base a pesquisa desenvolvida para a execução deste trabalho é possível listar as áreas de maior relevância para futuras pesquisas:

- a) Gerenciamento Espaço-Temporal – Incorporar aos SIG's a possibilidade de lidar com objetos cujas características variam também no tempo. Estes trabalhos devem envolver aspectos como incorporação de informações temporais a modelos de dados e interfaces para consulta a banco de dados espaço-temporal.
- b) Análise Espacial – Pesquisa em geoestatística, que pode gerar produtos dotados de módulos de geoestatística. SPRING e

ARC/INFO versão 8 são os primeiros SIG's dotados destes módulos.

- c) Qualidade dos Dados – A preocupação com a qualidade dos dados é baseada nas dificuldades que surgem no compartilhamento de informação entre usuários, mesmo que estes usuários sejam membros de uma mesma organização.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Informação e Documentação – Referências – Elaboração*. NBR 6023. Ago. 2000.
- ABRAMS, CHARLES. *O uso da terra nas cidades* in *Cidades - A Urbanização da Humanidade*. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1972.
- ALVES, DIÓGENES S. *Sistemas de Informação Geográfica*. Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, páginas 66-78, São Paulo, 1990.
- ANTUNES, P. *Sistema Georeferenciado para Apoio à Avaliação de Impactes Ambientais*. Responsável: Paula Antunes. Grupo de Análise de Sistemas Ambientais. Quinta da Torre, Monte de Taparica, Portugal. Disponível em <<http://mmedia.dcea.fct.unl.pt>>. Acesso em jun. 1996.
- APLICAÇÕES DE SIG. *Os SIG no Planeamento e Ordenamento do Território, Os SIG na Modelação de Fenômenos Espacialmente Distribuídos e Os SIG no Domínio das Ciências Sociais*. Disponível em <<http://helios.cnig.pt>>. Acesso em jun. 1996.
- ASSAD, E.D.; SANO, E.E. *Sistema de Informações Geográficas- Aplicações na Agricultura*. Embrapa/Planaltina, Brasília -DF, 1993.
- BEAUJEU-GARNIER, J. *Geografia Urbana*. Fundação Coulosté Gulbenkian, Lisboa, 1980.
- BIRKLOZ, L.B.; BRUNA, G.C.; NOGUEIRA, B.C.; et al. *Questões de Organização do Espaço Regional*. Ed. Nobel, São Paulo, 1983.
- BONFATTI, F. *Intensional Design of Geographical Information Systems*. EGI'S 93 - International Conference. Gênova, Itália, março 1993a.

_____. et al. *Object-Oriented support to the design of Geographical Information Systems*. EGI'S 93 - International Conference, vol. 1, p. 754-763, Gênova, Itália, março 1993b.

_____. et al. *Capituring More Knowledge for the Design of Geological Information System*. ACM-GIS 95. International Workshop, Baltimore, dezembro 1995a.

_____. et al. *Conceptual Modelling as a Means for Organizing Geological*. EGIS 95. International Conference. P. 442-447. Netherlands Congress Centre The Hague, março 1995b.

_____. et al. *Modelling the Semantics of Geological Units: A Formalized Approach*. JEC-GIS 96, vol. 1, p. 427-436, Barcelona, Espanha, março 1996a.

_____. et al. *BEST-GIS (Best Practice in software Engineering and Methodologies for Development GIS Applications)*. JEC-GIS 96, Barcelona, Espanha, março 1996b.

_____. et al. *Requirement Engineering and Design for Geographic Information System Construction and Extension*. Department of Science of Engineering, University of Modena, Itália, 1996c.

BRASIL. *Lei nº. 6.938*, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismo de formulação e dá outras providências. Disponível em <<http://www.ibama.gov.Br>>. Acesso em nov. 1996.

BUENO, R. *A falta de precisão das descrições de imóveis*, Revista InfoGeo, p. 22-23, nº. 13, Editora Espaço Ltda, Curitiba, 2000.

CAMARGO, M.U.C. *Sistema de Informações Geográficas como Instrumento de Gestão e Saneamento*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, 1997.

CARA, P.; CRYAN, S. *Guida all'informazione della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000: note tecniche per la fornitura dei dati geologici digitali alla scala 1:25.000*. Estratto del Servizio Geologico d' Italia. Vol. CX- 1991. Istituto Poligrafico e Zecca Dello Stato, Roma, 1993.

CARVALHO, B.N.R. *Projeto de pesquisa* submetido ao CNPq para obtenção de aprovação para Doutorado Sandwich no exterior, janeiro/1996a.

_____. et al. *Geographic Information System to be used in Municipal Environment Planning: a Lawful Instrument to be used on Soil Regulation*. EXPERSYS-96 - The International Scientific Committee of IITT - Fundamental Aspects and Industrial Applications of Artificial Intelligence and Expersys Systems, p.343-348, Marne La Valle, França, 1996b.

_____. et al. *An Information System for the Managing and the Urban Planning*. EXPERSYS-97 - The International Scientific Committee of IITT Fundamental Aspects and Industrial Applications of Artificial Intelligence and Expersys Systems, p.221-226, Sunderland/U.K., 1997.

_____. et al. *Sistema de Informação Geográfica aplicado ao Planejamento e Gerenciamento Municipal de Guaramirim/SC*. Projeto desenvolvido através da ENE - Escola de Novos Empreendedores, UFSC, Florianópolis, 2000.

CODEPLAN. *Geoprocessamento*. Disponível em <<http://www.gdf.gov.br/sec/sefp/codeplan/geoproce.html>>. Acesso em jul. 1996.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Impactos Ambientais*. Disponível em <<http://www.celepar.br>>. Acesso em dez. 1996.

DAVE, B.; SCHIMITT, G. *Information Systems for Analysis and Design Development*. Environment and Planning: Planning and Design, vol. 21, p. 83-96, n.1, 1994.

DAVIS, C. *GIS Relacional*, Revista InfoGeo, p. 52-53, nº. 10, Editora Espaço Ltda, Curitiba, 1999.

DENÈGRE, J.; SALGÉ, F. *Les Systèmes d'Information Géographique*. Presses Universitaires de France. Paris, 1996.

DIGITALK. *Inc. Smalltalk/V 286 Tutorial and Programming Handbook*. Digitaltalk, Los Angeles, 1988.

_____. *Smalltalk/V Windows Tutorial and Programming Handbook*. Digitaltalk, Los Angeles, 1992.

DOING BUSINESS IN BRASIL. *Meio Ambiente*. Cap. 8. Disponível em <<http://www.spg.dct.mre.br/dpg/db08-p.htm>>. Acesso em nov. 1996.

ESTADO DE SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. FECAN - Federação Catarinense de Associação de Municípios. AMFRI - Associação dos Municípios da Região da Foz do Rio Itajaí. *Plano Básico de Desenvolvimento Ecológico-Econômico*. Santa Catarina, 1998.

_____. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento e Sub Secretária de Estudos Geográficos e Estatísticos. *Atlas Escolar de Santa Catarina*. Aerofoto Cruzeiro. Rio de Janeiro. 1991.

FERRARI, C. *Curso de Planejamento Municipal Integrado*. Livraria Pioneira Editora, São Paulo, 1979.

GAMBINO, R. *Progetti per l'ambiente*. Ed. Franco Angeli. Milão, Itália. 1996.

GIS. *Planned NCGIA Research Initiative 21: Formal Models of Common-Sense Geographic Worlds*. Approach, Formalizations of Common-Sense Geographic Concepts: Relations to GIS Design and Elements of Common-Sense Geographic Worlds. Disponível em <<http://www.spacial.maine.edu/>>. Acesso em jun. 1996.

_____. In GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM – TERMINOLOGY. Disponível em <<http://www.hermes.ecn.purdue.edu>>. Acesso em jun. 1996.

IETEC. *Avaliação de Impactos Ambientais*. Disponível em <<http://www.ietec.com.br>>. Acesso em dez. 1996.

_____. *Sensoriamento Remoto Aplicado a Recursos Naturais*. Disponível em <<http://www.ietec.com.br>>. Acesso em dez. 1996.

LAPOLLI, E.M. *Processamento de Imagens Digitais: uma abordagem utilizando Conjuntos Difusos*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 1994.

LE CORBUSIER. *Planejamento Urbano*. Ed. Perspectiva, São Paulo. 1971.

LEWIS, S. *The Art and Science of Smalltalk*. © Copyright Hewlett-Packard. Prentice Hall/ Hewlett-Packard Professional Books. 1995.

LOCH, C. *A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais*. Editora da UFSC, Florianópolis, 1989.

MEIRELLES, H.L. *Direito de construir*. Ed. Revista dos Tribunais, São Paulo, 1979.

MOLINARI, A. *Riconoscimento della forma sorgente del Linguaggio Multidata*. Tese di Laurea in Ingegneria Informatica, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Modena, Italia, 1995.

NASCIMENTO, L. H. *Diretrizes para o Zoneamento*. IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal, Rio de Janeiro, 1982.

PORTUGAL – *O Sistema Nacional de Informação Geográfica*. Disponível em <<http://helios.crig.pt>>. Acesso em jun. 1996.

POO – *Programação Orientada a Objeto*. Disponível em <<http://www.inf.ufsc.br/poo>>. Acesso em nov. 1997.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M.. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-

Graduação em Engenharia de Produção. Laboratório de Ensino a Distância. Florianópolis, 2000.

SMALLTALK – *Linguagem Orientada a Objeto*. Disponível em <<http://www.inf.ufsc.br>>. Acesso em fev. 1997.

_____. *Linguagem Orientada a Objeto*. Disponível em <<http://www.uk.hpl.hp.com/people/scrl/ArtAndScience>>. Acesso em nov. 1997.

TEIXEIRA, A. A.; MATIAS, L.F. ; NOAL, R.H.; et al. *A História dos SIGs*. Fator GIS- A Revista do Geoprocessamento. Sagres Editora, número 10, páginas 21-26, julho/agosto/setembro, 1995.

UFP – Universidade Federal do Paraná. Biblioteca Central. Normas.doc. *Normas para apresentação de Trabalho*. 5 disquetes, 3-1/2 pol. Words for Windows. Curitiba, mar. 1998.

USBECK, H.; et al. *Geographical Information Systems*. Institute of Geography and Geocology. Academy of Sciences, Democratic Deutsch Republic, 1985.

9 ANEXOS

1. Área de Atuação da Pesquisa - Município de Balneário Camboriú – SC
2. Divisão Territorial do Município de Balneário Camboriú
3. Fichas Cadastrais