

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA – UNIARA
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL
E MEIO AMBIENTE**

**MODELAGEM DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO COMO
SUBSIDIO À GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS
APLICADO A SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DAS CRUZES,
(ARARAQUARA-SP)**

DECIO LAGO

**ARARAQUARA – SP
2007**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA – UNIARA
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL
E MEIO AMBIENTE**

**MODELAGEM DE BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO COMO
SUBSIDIO À GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS
APLICADO A SUB-BACIA DO RIBEIRÃO DAS CRUZES,
(ARARAQUARA-SP)**

DECIO LAGO

*Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação – Mestrado em
Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente do Centro Universitário de
Araraquara – UNIARA para obtenção do título de Mestre.*

ORIENTADOR: PROF. DR. DENÍLSON TEIXEIRA

**ARARAQUARA - SP
2007**

L174m Lago, Décio

Modelagem de Banco de Dados Geográfico como Subsídio à Gestão Integrada de Recursos Hídricos aplicado a Sub-Bacia do ribeirão das Cruzes, Araraquara-(SP). / Décio Lago. – Araraquara. Centro Universitário de Araraquara, 2007.
80p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA.

1. Sistema de Informação Geográfica, 2. Banco de Dados Geográfico, 3. Sistema de Apoio à Decisões, 4. Recursos Hídricos, 5. Geoprocessamento, I, Título

C.D.U. 504.03

Deus perdoa sempre
O homem às vezes
A natureza nunca

*Para a minha querida e amada esposa Fernanda e
aos meus filhos Rodrigo e Mariana pelo
incentivo, apoio e compreensão das muitas horas
dedicadas à elaboração deste trabalho.*

Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Dr. Denílson Teixeira, pela paciência, amizade e apoio que sempre foi muito além de orientação.

Aos meus pais e irmão – Virginio, Odete e Sergio, que além de tanto amor, souberam me dar os melhores exemplos de vida.

Aos meus filhos, Rodrigo e Mariana, por si só, o maior motivo de todo esse esforço e particular e principalmente à minha amada esposa e companheira da minha vida, Fernanda, por toda resignação para que esse e outros desafios fossem vencidos.

Agradeço também às Bancas Examinadoras de Qualificação e Defesa composta pelos Prof. Dr. Valdir Schalch, Prof. Dr. Wellington Cyro de Almeida Leite e pelo Prof. Dr. Zildo Gallo. Especialmente ao Prof. Dr. Marcus César Avezum Alves de Castro, grande amigo e incentivador desse mestrado.

Sinceros agradecimentos ao Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara pela parceria e colaboração fundamentais na elaboração deste trabalho.

Aos amigos Vitor e Alessandra, pelo companheirismo e disposição em ajudar quando precisei. Aos amigos do mestrado pelas parcerias e solidariedade. A Adriana e Ivani, que sempre foram tão prestativas e amigas.

Finalmente, agradeço a todos os que colaboraram de forma direta ou indireta para que eu conclui-se com sucesso esse desafio e recebesse o meu título de Mestre.



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301.7100

www.uniara.com.br

DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

Candidato(a) : Décio Lago

Área de Concentração: **Dinâmica Regional e Alternativas de Sustentabilidade**

Linha de Pesquisa: **Gestão do Território**

Examinadores	CONCEITO
Prof. Dr. Denilson Teixeira (Orientador[a])	APROVADO
Prof. Dr. Valdir Schalch	APROVADO
Prof. Dr. Marcus César A. A. de Castro	APROVADO

Observações:

Aprovado e a banca sugeriu algumas modificações.

Araraquara, 19 de outubro de 2007

Denilson Teixeira
Prof. Dr. Denilson Teixeira
Presidente



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 66 - Fone/Fax: (16) 3301.7100

-www.uniara.com.br

**PROVA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

Candidato(a) : Décio Lago

Área de Concentração **Dinâmica Regional e Alternativas de Sustentabilidade**

Linha de Pesquisa: **Gestão do Território**

Conceito: Aprovado

Examinador: Denilson Teixeira
Prof. Dr. Denilson Teixeira

Araraquara, 19 de outubro de 2007



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301.7100

www.uniarara.com.br

**PROVA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

Candidato(a) : Décio Lago

Área de Concentração **Dinâmica Regional e Alternativas de Sustentabilidade**

Linha de Pesquisa: **Gestão do Território**

Conceito: APROVADO

Examinador:


Prof. Dr. Valdir Schalch

Araraquara, 19 de outubro de 2007



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301.7100

www.uniara.com.br

**PROVA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

Candidato(a) : Décio Lago

Área de Concentração **Dinâmica Regional e Alternativas de Sustentabilidade**

Linha de Pesquisa: **Gestão do Território**

Conceito:

Aprovado

Examinador:

Prof. Dr. Marcus César A. A. de Castro

Araraquara, 19 de outubro de 2007



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301.7100

www.uniara.com.br

BANCA DE DEFESA

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Valdir Schälch', written over a horizontal line.

Prof. Dr. Valdir Schälch
USP – São Carlos

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marcus César Avezum Alves de Castro', written over a horizontal line.

Prof. Dr. Marcus César Avezum Alves de Castro
UNIARA - Araraquara

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Denilson Teixeira', written over a horizontal line.

Prof. Dr. Denilson Teixeira
UNIARA - Araraquara

RESUMO

A política de gestão integrada dos recursos hídricos tem visado à qualidade de vida da população e a melhoria das condições ambientais. Entretanto, é notória a carência de informações que possibilitem a maior integração entre os diversos organismos que atuam no gerenciamento do uso dos recursos hídricos. As dificuldades dos recursos tecnológicos para coleta, tratamento, cruzamento de variáveis e disponibilização das informações, têm dificultado as tomadas de decisões e o planejamento de medidas comuns, que possibilitem a melhoria das ações para o uso dos recursos hídricos.

Neste sentido, a modelagem de um banco de dados geográfico, utilizando os recursos e conceitos de análise orientada a objetos, explorando os relacionamentos espaciais entre os objetos, visaram criar as condições necessárias ao desenvolvimento de um banco de dados que subsidie as tomadas de decisões por parte dos gestores dos recursos hídricos.

Para isto foi utilizada a base de dados de parâmetros físico-químicos de qualidade da água da sub-bacia do ribeirão das Cruzes, disponibilizado pelo Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara (SP). Com os dados obtidos foi modelado o banco de dados geográfico utilizando o framework GeoFrame. Com base no banco de dados foi elaborado um conjunto de consultas e cruzamentos de variáveis ambientais que permitiram a elaboração de mapas temáticos e análises espaciais dos eventos. Estes resultados podem servir como subsídio para os gestores dos recursos hídricos nas tomadas de decisões, tornando-as mais criteriosas e substanciadas.

ABSTRACT

The integrated water resources management policy has been aiming at quality of life and improvement in environmental conditions. However, it is notorious the lack of information which allow a greater interaction between the many organisms that work on the use of water resources. The difficulties of technical resources for collecting, treatment, intersection of variables and availability of the information, have made difficult the decision-making and the planning of common measures, that make possible the improvement of the actions for use of water resources.

In this sense, the modeling of a geographical database, using the resources and concepts of object orientated analysis, exploring the spatial relationships between the objects, aimed at creating the necessary conditions to the development of a database which would subsidize the decision-making by the water resources managers.

For this the physical-chemical parameter database for the water quality of the *Ribeirão das Cruzes* sub-basin was used, made available by Araraquara's (SP) Autonomous Department of Water and Sewage (*D.A.A.E.*). With the information obtained a geographical database was developed using the GeoFrame framework. Based on the database a series of consultations and crosschecks of environmental variables were developed which allowed thematic maps and spatial analysis of the events to be developed. These results can serve as subsidy to water resources managers in decision-making, making them wiser and more substantiated.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	17
FIGURA 2 - CAMADAS DE INFORMAÇÃO DO SIG	23
FIGURA 3 - ETAPAS DO PROJETO DO BANCO DE DADOS.....	24
FIGURA 4 - DIAGRAMA DE BANCO DE DADOS LÓGICO UTILIZANDO O <i>SOFTWARE RATIONAL ROSE</i>	26
FIGURA 5 - EXEMPLO DE <i>SCRIPT</i> DO BANCO DE DADOS MODELADO.....	27
FIGURA 6 - PROJETO FÍSICO DO BANCO DE DADO DO SISTEMA.	27
FIGURA 7 - NOTAÇÃO DO MODELO DE OBJETOS NA UML	31
FIGURA 8 - EXEMPLO DE DIAGRAMA DE CLASSE EM UML.	32
FIGURA 9 - DIAGRAMA DE CLASSE UML-GEOFRAME.	33
FIGURA 10 – TEMAS E SUB-TEMAS ENVOLVIDOS NO PROJETO.	35
FIGURA 11 - ESTEREÓTIPOS DO UML-GEOFRAME UTILIZADOS NA MODELAGEM DAS CLASSES	36
FIGURA 12 - MODELAGEM DO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO USANDO UML-GEOFRAME	37
FIGURA 13 - PONTO INICIAL DAS COLETAS.....	45
FIGURA 14 - LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA NO MAPA ESTADUAL E FEDERAL.....	46
FIGURA 15 -- CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 1 NO CÓRREGO PAIOL.	49
FIGURA 16 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 2 NO RIBEIRÃO DA CRUZES.....	50
FIGURA 17 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 3 NO RIBEIRÃO DAS CRUZES.....	50
FIGURA 18 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 4 NO RIBEIRÃO DAS CRUZES.....	51
FIGURA 19 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 5 NO RIBEIRÃO DAS CRUZES	51
FIGURA 20 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 6 NO CÓRREGO PAIOL.....	52
FIGURA 21 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 7 NO CÓRREGO PAIOL.....	52
FIGURA 22 -- CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 8 NO RIBEIRÃO DAS CRUZES.....	53
FIGURA 23 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 9 NO RIBEIRÃO DA CRUZES.....	53
FIGURA 24 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 10 NO CÓRREGO LAGEADO.....	54
FIGURA 25 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 11 NO RIBEIRÃO AS CRUZES.	54
FIGURA 26 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 12 NO RIO JACARÉ-GUAÇÚ.....	55
FIGURA 27 - CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DO PONTO 13 NO RIO JACARÉ-GUAÇÚ.....	55
FIGURA 28 - PONTO 6 - CÓRREGO PAIOL	58
FIGURA 29 - PONTOS DE COLETA.....	59
FIGURA 30 - FORMULÁRIO PARA ENTRADA DE DADOS	60
FIGURA 31 - RELATÓRIO GERAL DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS	61
FIGURA 32 - RELATÓRIO ANUAL DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS	62
FIGURA 33 - RELAÇÃO DE CONSULTAS À BASE DE DADOS	63
FIGURA 34 - DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO - DQO.....	64
FIGURA 35 - LOCALIZAÇÃO DO PONTO 9 E ETE – ARARAQUARA (EM DESTAQUE)	65
FIGURA 36 - LOCALIZAÇÃO DO PONTO 7	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - LIMITES DO MUNICÍPIO	42
TABELA 2 - RELAÇÃO DE <i>SOFTWARES</i> UTILIZADOS NO PRESENTE ESTUDO	43

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - PRINCÍPIOS DE DUBLIN PARA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	8
QUADRO 2 - RELAÇÃO DAS CLASSES DE GEO-CAMPOS	38
QUADRO 3 - REPRESENTAÇÃO DAS CLASSES DE GEO-OBJETOS	39
QUADRO 4 - REPRESENTAÇÃO DOS RELACIONAMENTOS DAS CLASSES EM FUNÇÃO DAS RELAÇÕES ESPACIAIS.	40

LISTA DE SIGLAS

Siglas	Descrição
CAD	Projeto Auxiliado por Computador
CAM	Manufatura Auxiliada por Computador
CASE	Engenharia de Software Auxiliada por Computador
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAAE	Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara
DEPRN	Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
SIG	Sistema de Informação Geográfica
GWP	Global Water Partnership
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
OMT	Técnica de Modelagem de Objetos
OOSE	Engenharia de Software Orienta a Objetos
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
RIMA	Relatório de Impacto do Meio Ambiente
SGBD	Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
SQL	Linguagem Estruturada de Pesquisa
SRH/MMA	Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente
UML	Linguagem de Modelagem Unificada
UTM	Sistema Universal Transverso de Mercator

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	HIPÓTESE.....	2
3.	OBJETIVOS.....	2
3.1.	OBJETIVO GERAL.....	2
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
4.1.	PLANEJAMENTO E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	3
4.1.1.	ABORDAGENS TEÓRICAS DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	4
4.2.	GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS: ASPECTOS TÉCNICOS.....	7
4.3.	POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS	11
4.3.1.	PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS.....	14
4.4.	SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS	16
4.5.	O PROCESSO DECISÓRIO	21
4.6.	BANCO DE DADOS.....	23
4.6.1.	BANCOS DE DADOS GEOGRÁFICOS.....	28
4.6.2.	MODELANDO BANCO DE DADOS GEOGRÁFICO COM UML-GEOFRAME.....	30
5.	MATERIAIS E MÉTODOS	43
5.1.	<i>SOFTWARE</i>	43
5.2.	EQUIPAMENTOS.....	43
5.3.	MÉTODOS	44
5.4.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	45
5.4.1.	LOCALIZAÇÃO	45
5.4.2.	CLIMA.....	46
5.4.3.	GEOLOGIA	47
5.4.4.	VEGETAÇÃO	48
5.4.5.	USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	48
5.4.6.	CARACTERIZAÇÃO HIDROGRÁFICA	48
5.4.7.	PONTOS DE COLETA.....	49
5.4.8.	BASE DE DADOS.....	56
6.	RESULTADOS	57
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68

1. INTRODUÇÃO

As preocupações da sociedade com problemas ligados ao uso e ao manejo das águas levaram a debates e inovações nas últimas décadas. Expressões como gerenciamento de recursos hídricos, gestão de águas e o uso racional das águas passaram a fazer parte do dia-a-dia das pessoas e dos meios de comunicação. Todavia, a maneira de abordá-la varia de pessoa para pessoa e, mesmo de técnico para técnico (CAMPOS, 2003).

No sentido de organizar os conceitos e ações em recursos hídricos foi promulgada a Lei Federal no 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

Dentre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, o art. 25 da referida lei estabelece que “o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão”, e que “os dados gerados pelos órgãos integrantes do SINGREH serão incorporados ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH)” (ANA, 2006).

A política de gestão integrada dos recursos hídricos tem visado a qualidade vida da população e a melhoria das condições ambientais. Entretanto é notória a carência de informações que possibilitem a maior integração entre os diversos organismos que atuam no gerenciamento do uso dos recursos hídricos.

As dificuldades dos recursos tecnológicos para coleta, tratamento, cruzamento de variáveis e disponibilização das informações têm dificultado as tomadas de decisões e o planejamento de medidas comuns, que possibilitem a melhoria das ações para o uso dos recursos hídricos.

Neste sentido, a modelagem de um banco de dados geográfico, utilizando os recursos e conceitos de geoprocessamento e análise orientada a objetos, explorando os relacionamentos espaciais entre os objetos, visa criar as condições necessárias ao desenvolvimento de um futuro sistema de informações ambientais que subsidie as tomadas de decisões por parte dos gestores dos recursos hídricos.

Para isto foi utilizada a base de dados de parâmetros físico-químicos de qualidade de água, disponibilizado pelo Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara (SP). Com os dados obtidos foi modelado o banco de dados geográfico utilizando o *framework* GeoFrame

O GeoFrame é um *framework* conceitual baseado no formalismo de orientação a objetos utilizando a linguagem UML. O conceito de *framework* adotado no GeoFrame é o de um projeto genérico em um domínio que pode ser adaptado a aplicações específicas, servindo como um molde para a construção de aplicações, no caso voltado a gestão ambiental.

Os esquemas de dados produzidos com o uso desta ferramenta podem ser denominados como esquemas UML-GeoFrame. Além disso, o UML-GeoFrame pode ser utilizado na especificação de padrões de análise em banco de dados geográficos. A qualidade e quantidade de informações contribuem diretamente na elaboração de cenários sobre os quais os gestores deverão atuar; as incertezas naturais de todo processo decisório tendem a diminuir em função da confiança nos dados oferecidos pelo sistema de informações geográficas. A situação nacional de gestão das águas, como em vários outros setores, apresenta grande necessidade de informação qualificada pelas variáveis ambientais, isto faz com que o risco das decisões aumente, elevando a insegurança dos tomadores de decisões.

Com base no banco de dados foi elaborado um conjunto de consultas e cruzamentos de variáveis ambientais que permitiram a elaboração de cartas e análises espaciais dos eventos. Estes resultados podem servir como subsídio para os gestores dos recursos hídricos nas tomadas de decisões tornando-as mais criteriosas e substanciadas.

2. HIPÓTESE

O presente trabalho levanta a hipótese de que a organização dos dados coletados junto ao DAAE-Araraquara, sobre a qualidade da água, pode contribuir significativamente para o processo decisório relacionado à gestão de recursos hídricos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Propor um banco de dados geográfico como subsídio à gestão integrada de recursos hídricos para a sub-bacia do ribeirão das Cruzes no município de Araraquara.

3.2. Objetivos Específicos

- Analisar os dados obtidos gerando informações integradas sobre as principais variáveis de qualidade de água para sub-bacia hidrográfica do ribeirão das Cruzes.

- Modelar o banco de dados geográfico, utilizando UML-GeoFrame;
- Definir a plataforma de desenvolvimento do sistema de informações em recursos hídricos e do banco de dados;
- Construção de um banco de dados de variáveis ambientais;
- Analisar as variáveis do banco de dados por meio de linguagem estruturada de pesquisa – SQL, possibilitando o cruzamento de informações com os indicadores de qualidade da água.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos

O Brasil encontra-se em posição privilegiada em relação à quantidade de recursos hídricos, mesmo sem uma distribuição uniforme dos mesmos, destacando-se os extremos na Amazônia e limitações da disponibilidade no nordeste. Este privilégio traz consigo uma responsabilidade de mesmo porte, a gestão adequada deste patrimônio.

Além dos problemas relacionados à quantidade de água há também aqueles relacionados à sua qualidade, pois determinadas alterações podem limitar o uso destes recursos para diferentes fins, ocasionando o agravamento da escassez (MACEDO, 2007).

O quadro atual de degradação ambiental demonstra a necessidade de medidas urgentes de gestão integrada dos recursos hídricos. Processos ecológicos como a capacidade assimilativa e de autodepuração dos ecossistemas, assim como as relações existentes entre a qualidade ambiental desejada e os instrumentos normativos e econômicos, são complexos e ainda pouco estudados (GALLO e TEIXEIRA, 2007).

Segundo documento da Organização das Nações Unidas (ONU), Agenda 21 (CNUMAD, 1992:333), “a utilização da água deve ter como prioridades a satisfação das necessidades básicas e a preservação dos ecossistemas”. No capítulo 18 desse documento é sugerido qual o nível de proteção, qualidade e abastecimento dos recursos hídricos que deve ser feita a partir da aplicação de critérios integrados para o desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos (BUSS et al, 2003).

A complexidade da gestão de recursos hídricos relaciona-se à integração de processos políticos, sócio-econômicos e técnico-científicos. O processo político depende das interações União, Estado e Municípios e dos órgãos ou instituições que devem cuidar para que a

legislação seja cumprida como: IBAMA, CETESB, DEPRN, entre outras. O segundo ponto refere-se à grande carência de informações em todos os níveis sociais, gerando um processo de enfraquecimento da participação comunitária. Em muitos casos, dificilmente a sociedade tem condições de atribuir determinado valor aos recursos naturais ou de mobilizar-se por uma política adequada de desenvolvimento, equidade social e equilíbrio ecológico. O terceiro ponto refere-se aos aspectos técnico-científicos, o que significa um aprofundamento das bases científicas e integração de conhecimentos em uma abordagem regional (TEIXEIRA, 2000).

A legislação estabelece, ainda, que a implantação da política nacional de recursos hídricos será orientada pelas seguintes diretrizes gerais de ação (ANA, 2006):

- a gestão sistemática dos recursos hídricos sem dissociação dos aspectos de quantidade e de qualidade;
- a adequação da gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, culturais e sociais das diversas regiões do país;
- a integração da gestão dos recursos hídricos com a gestão ambiental;
- a articulação do planejamento dos recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regionais, estaduais e nacional;
- a articulação da gestão dos recursos hídricos com a gestão do uso do solo; e
- a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e das zonas costeiras.

A articulação e a integração são bases para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo como princípio básico a negociação, só com a prática e o exercício da articulação e integração será possível cumprir os fundamentos da descentralização e da participação para a gestão dos recursos hídricos.

4.1.1. Abordagens teóricas de gestão de recursos hídricos

Basicamente existem duas abordagens gerais ao planejamento e à gerência dos recursos hídricos. Uma é a “*top-down*”, frequentemente chamados comando e controle. A outra é a “*bottom-up*”, frequentemente chamada de uma abordagem com origens no povo.

Ambas as abordagens podem conduzir a um planejamento e a uma política de gestão integrada de recursos hídricos.

O conceito de “*top-down*” ou planejamento mestre das águas é uma abordagem que assume que apenas uma instituição deva ter habilidade e autoridade para conceber, desenvolver e implementar o plano nacional de recursos hídricos; em outras palavras, não haverá uma sobreposição de gerências e coordenações no desenvolvimento e operação das atividades que afetam as águas superficiais e subterrâneas das bacias.

Atualmente, o ambiente clama por uma participação menor do governo, com menos regulamentação e um incremento na participação das atividades de gerência e planejamento. A abordagem “*top-down*” está começando a ser menos desejável ou aceita (LOUCKS & BEEK, 2005).

Para Agrawal & Ribot (2000) apud Abers & Jorge (2005) a descentralização somente pode resultar em democratização, principalmente quando existem mecanismos de “*downward accountability*”, (responsabilidade para baixo), ou seja, mecanismos que garantam que as populações locais controlem as decisões e ações dos agentes decisórios descentralizados.

Segundo o mesmo autor, distinta da mera “desconcentração”, na qual atores locais continuam subordinados ao poder central, a descentralização política se refere à transferência de poder decisório aos agentes que prestam contas às populações locais, normalmente, por meio de eleições.

A descentralização do poder decisório aproxima as tomadas de decisões, do ambiente onde esta será aplicada e gerenciada, isto implica na redução de custos de transação e no melhor aproveitamento dos recursos aplicados nas necessidades locais, pressupondo que a sociedade local terá maior capacidade de controlar as decisões políticas em nível local do que em nível central (MILANI, 2006)

A literatura sobre descentralização geralmente considera que se trata de um processo linear (de cima para baixo - “*top-down*”), no qual os governos centrais transferem poderes aos níveis mais locais. Na área de recursos hídricos, esse processo é mais complexo, em função de se encontrar organismos nos níveis estadual e federal, isto ocorre por que encontramos bacias estaduais, federais e internacionais (LOUCKS & BEEK, 2005).

Segundo os mesmos autores, na última década o planejamento dos recursos hídricos foram criados de baixo para cima (*bottom up*), isto é, os planos foram elaborados por organizações não governamentais, “*stakeholder*”, além de profissionais em agências governamentais e esta tem sido a forma crescente de trabalho para criação e adaptação dos programas de gerenciamento, políticas e planos da água.

Segundo Abers & Jorge (2005) a criação dos comitês envolveu um processo mais aprofundado de mobilização anterior à instalação do comitê. Todos os comitês organizaram algum tipo de "mobilização" antes da escolha de seus membros. Houve, assim, convocações públicas e reuniões que visavam divulgar a proposta e os objetivos do comitê e mobilizar as entidades que poderiam concorrer às vagas.

A descentralização das políticas públicas foi uma das principais idéias propaladas pelos articuladores da reforma do estado (BRESSER PEREIRA, 1996). Ao mesmo tempo, a descentralização e a criação de mecanismos participativos também foram reivindicações de movimentos sociais que atuavam em diversas áreas e foram concebidos como forma de promover a democratização mais ampla e o maior acesso da sociedade às decisões públicas.

A experiência de tentar implementar o desenvolvimento inicialmente por profissionais sem a significativa participação dos “*stakeholder*”, tem mostrado que, mesmo que o plano esteja tecnicamente sem falhas, ele tem pequena chance de sucesso, caso ele não tenha considerado os interesses dos “*stakeholder*” e não tiver o seu apoio.

Para conquistar este apoio, as partes interessadas devem ser incluídas no processo de tomadas de decisões o mais breve possível. Devem transformar-se em parte desse processo, não meramente como espectadores ou conselheiros. Isto ajudará a ganhar sua cooperação e compromisso aos planos adotados. As partes interessadas participantes terão um sentimento de posse em relação ao plano de trabalho.

Cabe destacar que tais planos para serem executados com sucesso deverão atender também a legislação.

A participação das partes interessadas melhora a possibilidade de sustentabilidade do sistema, determinando seus papéis respectivos e estabelecendo o consenso em metas e objetivos. O ideal é que isto ocorra antes que conflitos de interesses sejam expostos e todos os envolvidos possam trabalhar juntos mais eficazmente. Os interesses dos grupos envolvidos podem ser conflitantes ou não, porém quando não ocorre a participação de todos, gera a desconfiança dos excluídos.

“Devido à cultura e à tradição coronelista permeadas nas relações políticas da região, o setor de poderes públicos municipais, Prefeituras e Câmaras de Vereadores, buscavam resolver seus problemas por meio de acordos políticos e troca de favores... muitas dessas lideranças interpretam [a criação do comitê] como uma ação que diminui seus poderes e seu poder de barganha política” (ABERS & JORGE, 2005, pág 14)

O planejamento “*bottom-up*” deve tentar conseguir uma visão compartilhada das metas, objetivos e das prioridades entre todos os interessados, ficando ciente de satisfazer todas as leis e regulamentos aplicáveis (LOUCKS & BEEK, 2005).

Assim, segundo os autores citados deve-se fortemente identificar e avaliar alternativas múltiplas e critérios do desempenho, incluindo critérios de sustentabilidade, no entanto, para manter o processo de produzir uma lista de prioridade de cada parte interessada, devem-se identificar interesses entre objetivos ou medidas de desempenho e dar prioridade a estratégias apropriadas.

Deve-se avaliar e comparar, de algum modo, os impactos intangíveis e não monetários, com outros benefícios das atividades tangíveis e seus custos para proteção e restauração ambientais e do eco-sistema. Ao fazer assim, os planos devem propor o uso de tecnologia de informação moderna melhorando o processo e o produto.

Esta tecnologia, entretanto, não eliminará a necessidade de alcançar conclusões e tomar decisões em base de dados incompletos e incertos e do conhecimento científico. Estes processos focalizam a necessidade de se fazerem planos e gerência dos recursos de hídricos tão eficientes e eficazes quanto possível.

As perguntas devem ser respondidas a respeito de quantos dados devem ser coletados e com que precisão, e que tipos da tecnologia de informação moderna (ex: sistemas de informações geográficas (SIG), sensoriamento remoto, internet, *software* de simulação de cenários para apoio a decisões, entre outros) podem benéficamente serem usados para análises e comunicação (LOUCKS & BEEK, 2005).

4.2. Gestão Integrada de Recursos Hídricos: aspectos técnicos

A gestão integrada de recursos hídricos é um processo que promove o desenvolvimento e a gerenciamento coordenado da água, terra e recursos relacionados, a fim maximizar o bem estar econômico e social de uma forma justa, sem comprometer a sustentabilidade dos ecossistemas vitais (GWP, 2005).

Este conceito de gestão integrada de recursos hídricos, baseado nos Princípios de Dublin de 1992, exposto no Quadro 1, afasta-se do modelo “*top-down*”, e caminha para um planejamento abrangente da política da água, com interação entre os diversos sub-setores da sociedade na busca do estabelecimento das prioridades para a construção da capacidade da gerência.

Quadro 1 - Princípios de Dublin para gestão de recursos hídricos

Os princípios de Dublin	
1	A água é um recurso finito, vulnerável e essencial, para sustentar a vida, o desenvolvimento e o ambiente.
2	O desenvolvimento e a gerência de recursos hídricos devem ser baseados em uma abordagem participativa, envolvendo usuários, planejadores e fazedores de opinião em todos os níveis.
3	A água tem um valor econômico em todos seus usos e deve ser reconhecida como um bem econômico

Fonte: Global Water Partnership, 2005

Do ponto de vista das articulações territoriais, o principal elemento a ser alcançado é a propensão institucional/legal à cooperação intergovernamental entre diferentes agregações territoriais, consideradas as três unidades básicas da federação brasileira, a União, os Estados e os Municípios.

Do ponto de vista da articulação setorial os potenciais são analisados a partir das figuras de cooperação interinstitucional em um mesmo âmbito de agregação territorial, em busca de soluções que permitam a melhor eficácia do conjunto das funções públicas.

Estes dois pontos de vista são convergentes e em muitos casos praticamente indissociáveis, uma vez que as jurisdições sobre as funções públicas são intrinsecamente associadas a uma esfera da administração pública em particular (SILVA & PORTO, 2003).

Os aspectos técnicos do planejamento e gestão de recursos hídricos incluem a caracterização, diagnóstico e monitoramento dos recursos hídricos, em termos qualitativos e quantitativos. Além da identificação e caracterização do uso e ocupação da bacia hidrográfica em estudo. Desta forma, é possível identificar as interações entre os recursos da bacia ou da região e as características físico-químicas e biológicas dos recursos hídricos.

Todo tipo de uso e ocupação de solo e bacia hidrográfica irá interferir nos aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos, sendo que, sua intensidade determinará o grau do impacto no sistema (MACEDO, 2007).

Segundo Loucks & Beeks (2005), os aspectos técnicos incluem também a estimativa dos custos e dos benefícios de todas as medidas examinadas para controlar os recursos hídricos da bacia. Estas medidas devem incluir recursos de engenharia para fazer o melhor uso da água escassa, canais e dispositivos de eclusas, represas e reservatórios que podem reter a água adicional dos períodos de cheias para o uso durante os períodos de secas (e pode reduzir os danos da inundação abaixo do reservatório armazenando o excesso de água). Abertura de canais para regularizar e canalizar o escoamento, recursos de engenharia necessários para a operação eficaz de sistemas da irrigação e de drenagem, estruturas de

desvio, valas, tubulações, verificações, divisores de fluxo e outras, captação de água municipal e industrial, incluindo plantas de tratamento e distribuição de água, tratamento de esgotos e tratamentos industriais para desperdícios de água e disposição dos rejeitos. O armazenamento do poder hidroelétrico, o bombeamento de água para armazenamento e manutenções regulares nas calhas dos rios, estabilização de barragens, represas e leito dos rios e outras facilidades da engenharia para melhorar um rio para a navegação.

Entre outras ações, incluem-se os custos para monitoramento dos recursos hídricos. Segundo Macedo (2007) tomando como base a resolução do CONAMA 357 de 2005, o custo de análise por ponto pode ser estimado em até US\$ 18,000.00, deve-se considerar também o investimento em recursos humanos qualificado para coleta, organização e disponibilização dos dados. Desta forma, o corpo técnico qualificado deve não apenas identificar as etapas do processo de planejamento, mas avaliar as estratégias alternativas da gerência que envolva as medidas estruturais e não-estruturais que incorrerão custos e trarão benefícios; deve também identificar e avaliar o cronograma alternativo para executar aquelas medidas.

Assim, os custos técnicos (infra-estrutura e corpo técnico capacitado) constituem-se em fatores muito importantes na avaliação da viabilidade da implantação e manutenção de programas de gestão integrada de recursos hídricos.

Segundo Loucks & Beeks (2005), é certa a continuidade dos conflitos ente objetivos e finalidades em relação aos usos dos recursos hídricos.

Cabe aos gestores identificar as alternativas para equilibrar os interesses dos diferentes setores de usuários de recursos hídricos, quase sempre opostos, em forma de avaliações dos impactos sociais, econômicos e ambientais relacionados a cada uso.

Conforme o Quadro 1, o terceiro princípio de Dublin indica que a água tem um valor econômico em todos seus usos e deve ser reconhecida como um bem econômico.

Este princípio dirige-se à necessidade de extrair o máximo dos benefícios de um recurso limitado, tanto quanto à necessidade de gerar fundos para recuperar os custos dos investimentos e da operação e da manutenção do sistema.

A implicação da gestão econômica pode se dar por meio do processo de valorização do meio ambiente, o que significa determinar os custos e benefícios do recurso natural, sua recuperação e conservação, por meio da estimativa dos seus bens e serviços.

Bens são os produtos que são retirados direta ou indiretamente e serviços são as funções ecológicas, tais como: reciclagem de nutrientes, produtividade primária, diversidade biológica, (GRASSO et al. 1995).

Existem várias técnicas para atribuir valores monetários para os bens e serviços ecológicos e estão descritos em Pearce & Turner (1991).

O fato de o meio ambiente sempre ter sido considerado um recurso abundante e classificado na categoria de bens livres, ou seja, daqueles bens para os quais não há necessidade de trabalho para a sua utilização, tornou disseminada a degradação ambiental, passando a afetar a totalidade da população, através de uma apropriação socialmente indevida do ar, da água e do solo (DONAIRE, 1995).

Os preços da água para a irrigação e da água para consumo humano estão em muitos países bem abaixo do custo completo da infra-estrutura e do pessoal necessários para fornecer essa água, o qual compreende as cargas importantes envolvidas nos custos da operação e da manutenção, o custo de oportunidade, externalidades econômicas e externalidades ambientais (GWP, 2005).

Pagando pela água menos do que o custo real, custeados pelo governo que subsidia o uso da água e desvaloriza o uso do recurso, isto é, quando o cidadão paga pelo uso da água um valor menor que o custo real, isto implica que o estado ou o município está subsidiando a diferença entre o valor realmente pago e o custo real da água. Assim, a sustentabilidade fica comprometida, pois sempre será necessário aplicar mais recursos para cobrir os custos reais.

Reconhecer a água como um bem econômico não significa sempre que os custos plenos devem ser carregados. Os povos carentes têm o direito à água potável e isto deve ser feito através de exame nas condições do cliente. Para essa razão o terceiro princípio de Dublin pode ser entendido como a água é um bem econômico e social.

A recuperação de custo é a segunda razão para o terceiro princípio de Dublin. O componente financeiro passa por todos os processos do planejamento, é certificar-se de que as plantas e os projetos recomendados podem se pagar.

Os rendimentos são necessários para recuperar custos da construção e para manter, reparar e operar toda a infra-estrutura projetada para controlar os recursos hídricos da bacia.

Isto pode requer políticas de custo de recuperação que envolva fixar o preço dos projetos. Os beneficiários devem pagar pelos benefícios adicionados.

O planejamento deve identificar o custo justo e políticas de riscos compartilhados e abordagem de melhorias para gerenciar os riscos e custos.

Em muitos países é feito uma distinção entre a recuperação de custo de investimentos e a recuperação de custo de operação e manutenção. A recuperação de custo de operação e manutenção é uma condição mínima para um projeto ser sustentável (MACHADO, 2003).

Desta forma, a incorporação da análise econômica torna-se uma ferramenta essencial para a abordagem de sistemas naturais.

A primeira condição para a execução bem sucedida do projeto é ter um ambiente reconhecido (LOUCKS & BEEK, 2005). O que significa a existência de políticas nacional, regionais e locais, legislação e instituições adequadas para que as decisões sejam examinadas e executadas corretamente.

O papel do governo é crucial. As razões para a participação governamental são múltiplas, entre elas destaca-se que a água é um recurso além do direito das propriedades: não pode ser “possuído” por pessoas ou companhias, os direitos da água podem ser dados às pessoas ou às companhias, mas somente os direitos sobre o uso d`água e não o de ser o seu proprietário (MACHADO, 2001).

A água é um recurso que requer frequentemente grandes investimentos. Muitos projetos do desenvolvimento de recursos hídricos são muito caros e têm muitos beneficiários. Os exemplos são reservatórios de múltiplos propósitos e a construção dos diques ao longo das costas e dos rios. Os investimentos requeridos necessitam de grandes compromissos financeiros que somente podem ser feitos pelo governo ou pelas companhias estatais.

Um ajuste institucional insuficiente e a falta de uma base econômica sadia são as principais causas da falha do projeto do desenvolvimento de recursos hídricos e da inadequação técnica do projeto e da construção.

Esta é também a razão pela qual no presente muita atenção é dada ao desenvolvimento institucional no setor, nos países desenvolvidos ou em desenvolvimento.

Segundo Loucks & Beek (2005), na Europa, os vários tipos de agências da água são operacionais (ex.: a Agence de L'Eau em France e nas companhias da água na Inglaterra), cada um tem vantagens e desvantagens. A diretriz orientadora de estrutura da água da união européia requer que a gerência da água esteja realizada na escala de bacia, particularmente quando isto envolver a gerência além fronteiras. É muito provável que este modelo resultará em um deslocamento nas responsabilidades das instituições envolvidas e do estabelecimento de instituições novas. Em outras partes do mundo, as experiências estão sendo realizadas com vários tipos de organizações da bacia do rio, combinando o local, governos regionais e às vezes nacionais.

4.3. Política Nacional de Recursos Hídricos

Historicamente governo e sociedade fizeram vários esforços no sentido de organizar e proteger os recursos hídricos do país, até que em 1997 foi promulgada a Lei nº 9.433/97 que

estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos, conhecida como a lei das águas, que baseia-se nos seguintes fundamentos:

- a água é um bem de domínio público;
- a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Uma discussão sobre a gestão de recursos hídricos no Brasil anteriores a Lei 9.433/97 pode ser encontrada em Gallo e Teixeira (2007), com destaque para o Código de Águas de 1934 e o pioneirismo do estado de São Paulo em critérios, condições e parâmetros de acesso à água, tendo em vista a sua qualidade.

O planejamento dos recursos hídricos são planos diretores que visam fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos. Esses planos são de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos.

O sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos é composto dos seguintes níveis hierárquicos:

Conselho Nacional de Recursos Hídricos - órgão hierarquicamente mais elevado, a quem cabe decidir sobre as grandes questões do setor.

Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e Distrito Federal - órgão mais elevado na hierarquia do sistema em nível estadual.

Comitês de Bacias Hidrográficas - instâncias descentralizadas e participativas de discussão e deliberação, contando com a participação de diferentes setores da sociedade (usuários das águas, políticos, *stakeholder*) e destinados a agir como fóruns de decisões no âmbito das bacias.

Agências da Água – organismos com atuação em nível de bacias, os quais visam dar apoio técnico e funcionar como secretaria executiva dos respectivos comitês de bacia. Suas funções são, principalmente, operacionalizar a cobrança pelo uso das águas e elaborar os planos plurianuais de investimentos e atividades, os quais devem ser votados pelos comitês.

Organizações Cívicas de Recursos Hídricos - organizações de cidadãos com atuação nas respectivas bacias hidrográficas.

O processo decisório no sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos pode ocorrer em diversas instâncias e hierarquia, isto é, decisões tomadas nas Agências de Água podem influenciar o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e vice-versa.

Os comitês de bacia apresentam uma estrutura funcional descentralizada envolvendo representantes do poder público, sociedade civil organizada e usuários das águas que elaboram planos plurianuais das bacias.

As agências de água são os organismos mais adequados ao levantamento de dados necessários a geração, manipulação e divulgação das informações por estarem mais próximas das realidades locais das bacias. Entretanto, este conjunto de informações deve ser submetido aos comitês de bacias que devem avaliar e interpretar as informações para o seu processo decisório.

A crescente valorização dos comitês (e outras organizações de bacia, como consórcios intermunicipais) vem ao encontro dos estudos que demonstram que apesar de grupos serem mais lentos do que indivíduos isolados na tomada de decisões, a probabilidade de acertos aumenta. Ademais, as pessoas estão sempre mais dispostas a aceitarem uma decisão que elas auxiliaram a tomar (MAGALHÃES JR., 2001).

A informação é um elemento fundamental para todos os tipos de gestão: o uso do solo, as ações de planejamento e monitoramento do espaço físico, a gestão de território, devem considerar, em sua análise e no processo de decisão, o maior número de fatores do meio ambiente (LISBOA FILHO, 1999).

“Dentre os fatores que determinam o sucesso do processo decisório está a quantidade e qualidade das informações, fatores que lhes conferem confiança na formulação de cenários” (MAGALHÃES JUNIOR, 2001, pág. 5).

No intuito de se obter essas informações, o uso do geoprocessamento tem se mostrado uma ferramenta muito valiosa para controlar ou estudar o meio ambiente, tendo em vista a variedade de recursos disponíveis. Entre eles destacam-se os mapeamentos temáticos, que possibilitam caracterizar e exibir como um tema está organizado no espaço geográfico,

descrevendo de forma qualitativa a distribuição espacial de uma grandeza geográfica, bem como o diagnóstico ambiental, que permite a realização de estudos específicos sobre uma determinada região, os principais exemplos são:

- estudos de impacto ambiental (EIA) e relatório de impacto no meio ambiente (RIMA);
- estudos de implantação de área de proteção ambiental;
- diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos – Relatório Zero, dos comitês de bacias hidrográficas, entre outros.

Há uma tendência natural de utilização do sistema de informações geográficas – SIG, para as análises. Contudo, é importante a integração de todas essas ferramentas compondo o sistema de apoio à decisões - SAD, caso contrário, o SIG por si só não pode oferecer suporte ao processo de tomada de decisões (ALMEIDA, 2006).

Para atingir os objetivos propostos na lei nº 9.433/97, a Política Nacional de Recursos Hídricos conta com os seguintes instrumentos:

- os planos de recursos hídricos;
- o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- a compensação a municípios;
- o sistema de informações sobre recursos hídricos.

O planejamento e a gestão dos recursos hídricos levantam, necessariamente, problemas de natureza multidisciplinar. Tratando-se a água de um recurso partilhado pelo mais diversos setores de atividades, não pode deixar de estar sujeita a um regime complexo de utilização e jurisdição que tem evoluído ao longo do tempo assumindo a bacia hidrográfica como unidade de planejamento (COSTA, 2003).

4.3.1. Plano Nacional de Recursos Hídricos

O Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH é um instrumento essencial para o planejamento estratégico da gestão dos recursos hídricos do país fundamentando e orientando a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e do Sistema

Nacional dos Recursos Hídricos. O PNRH propõe a implementação de programas nacionais e regionais objetivando o uso racional e sustentável da água.

A lei nº 9.433/97 citada anteriormente dispõe os princípios, definições e diretrizes a serem adotadas na elaboração do PNRH, que foi estruturado em seis volumes, elaborados sequencialmente, sendo:

Volume I Visão Nacional – permite uma visão panorâmica sobre os recursos hídricos em todo o Brasil. Seu objetivo é o estabelecimento do estado do conhecimento sobre as águas em território nacional, de forma a subsidiarem as análises que darão prosseguimento ao processo de elaboração do PNRH.

Volume II Diagnóstico – processa as informações disponíveis, os estudos já realizados e os levantamentos específicos nas regiões hidrográficas e nas áreas especiais de planejamento que venham a ser identificadas, resultando no quadro atual de gerenciamento nas regiões hidrográficas e dos aspectos quali-quantitativos dos corpos hídricos. Das análises realizadas será avaliada a necessidade dos conhecimentos levantados nas regiões hidrográficas a serem igualmente projetados sobre as áreas especiais de planejamento.

Volume III Cenários e identificação de conflitos – apresenta os cenários de planejamento e os conflitos potenciais, projetando o quadro futuro de disponibilidades e de demandas dos corpos hídricos nas regiões hidrográficas ou áreas especiais de planejamento.

Por meio dos cenários de planejamento e dos balanços simplificados entre disponibilidades e demandas hídricas, em qualidade e quantidade, deverão ser identificados conflitos potenciais em bacias críticas, e os problemas que exigem intervenções emergenciais por parte do Governo Federal, isoladamente ou em parceria com Estados, Municípios usuário e sociedade.

Volume IV Metas e Diretrizes – apresenta as metas de planejamento, em âmbito nacional, e as diretrizes para o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos, tendo em vista as informações e análises realizadas previamente, os cenários e conflitos identificados.

As diretrizes serão mecanismos de governo, calcados nas premissas do desenvolvimento sustentável, para a implementação da gestão de recursos hídricos no Brasil.

Volume V Programas Nacionais e Regionais – tem a função de propor medidas e programas emergenciais a serem implementados em bacias ou áreas especiais de planejamento críticas. Entre elas poderão ser considerados:

- demandas de aprimoramento das normas legais existentes;
- propostas de resoluções do CNRH;

- proposta de criação de grupos de estudo ou de trabalho para analisarem questões cuja amplitude e escopo não puderam ser respondidas no PNRH.

Entre os programas poderão estar:

- apoio ao fortalecimento institucional de estados e municípios para o gerenciamento de recursos hídricos;
- apoio a programas de capacitação;
- apoio a AEP's ou regiões hidrográficas na solução de problemas emergenciais.

Volume VI - Resumo Executivo – apresenta as informações e os resultados dos cinco volumes anteriores, de maneira resumida, e em linguagem que elimine, sempre que possível, o recurso dos jargões técnicos. Nele serão destacadas as propostas de metas, estratégias, diretrizes, medidas, programas e as ações prioritárias para a área de recursos hídricos no Brasil.

4.4. Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

Segundo o artigo 35 da lei nº 9.433/97 o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos – SNGRH apresenta a seguinte estrutura organizacional Figura 1.

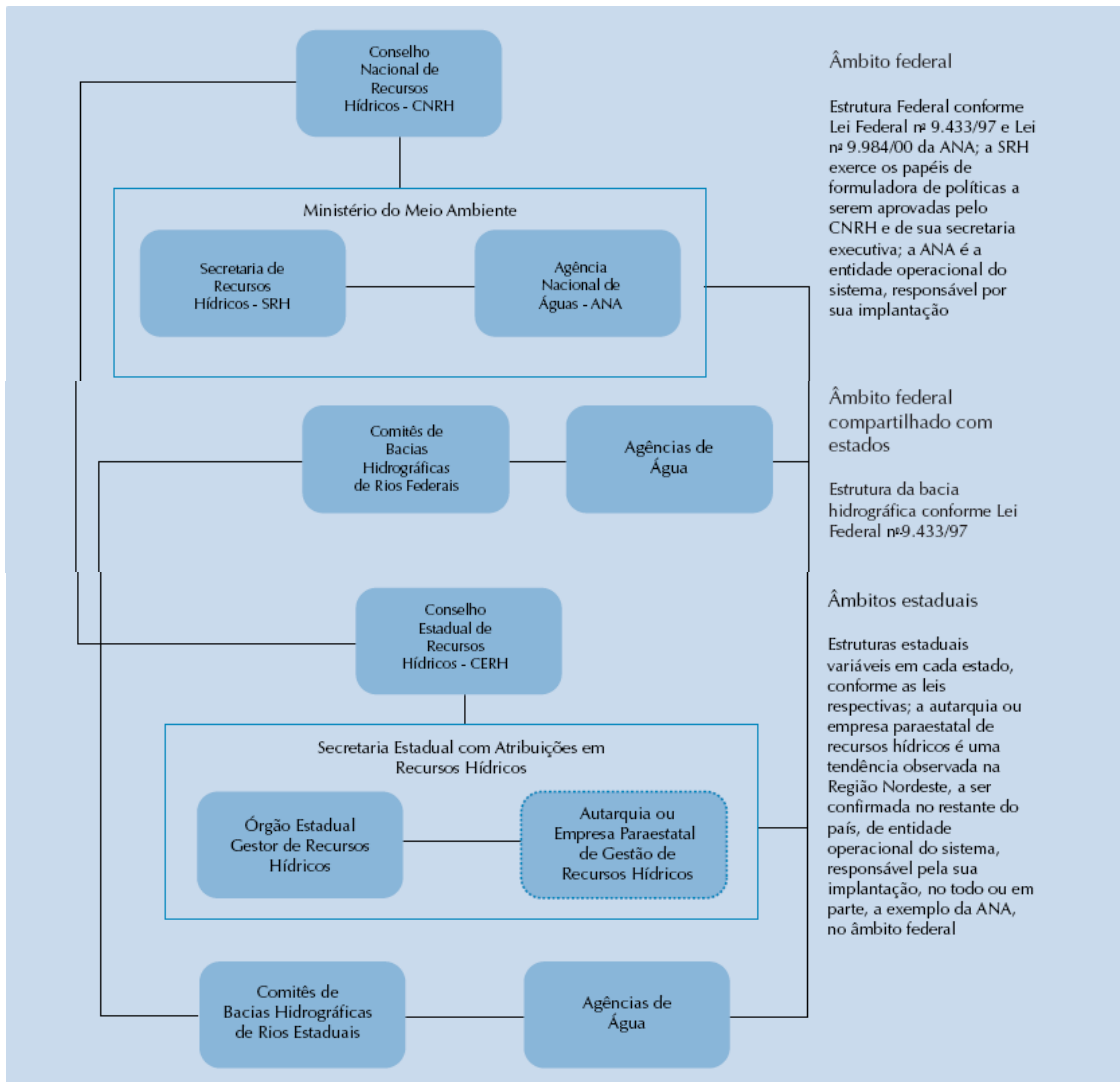


Figura 1 - Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
(Fonte: www.ana.gov.br, 2006).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (art. 35 da lei nº 9.433/97), tem como atribuições:

- promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários;
- arbitrar, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos;
- analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos e à Política Nacional de Recursos Hídricos;

- estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- aprovar propostas de instituição dos Comitês de Bacia Hidrográfica e estabelecer critérios gerais para a elaboração de seus regimentos;
- estabelecer critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso;
- deliberar, em grau de recurso, sobre as decisões dos Comitês de Bacia Hidrográfica (parágrafo único do art. 38 da Lei n° 9.433/97);
- estabelecer o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso em rios de domínio da União, mediante proposta apresentada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica e Agência de Água respectivos (art. 44, inciso XI, alínea “a”, da Lei n° 9.433/97);
- delegar a consórcios e associações intermunicipais de bacias hidrográficas, por prazo determinado, a competência para o exercício de funções de competência das Agências de Água, enquanto esses organismos não estiverem constituídos (art. 51 da Lei n° 9.433/97);
- definir os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e nos estudos técnicos elaborados pela ANA (art. 4°, inciso VI, da Lei n° 9.984, de 17/07/00);

A Agência Nacional de Águas (art. 4° da Lei n° 9.984/00) tem como atribuições:

- outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, observado o disposto nos arts. 5°, 6°, 7° e 8°;
- fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União;
- estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de novos Comitês de Bacias Hidrográficas;

- implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União;
- arrecadar, distribuir e aplicar receitas auferidas por intermédio da cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, na forma do disposto no art. 22 da Lei nº 9.433, de 1997;
- organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

São atribuições dos Comitês de Bacia Hidrográfica (art. 38 da Lei nº 9.433/97):

- arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos;
- aprovar o Plano de Recursos Hídricos da bacia, acompanhar sua execução e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;
- propor ao CNRH e aos CERHs as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados.

O Decreto nº 4.755, de 20/06/03 estabelece que a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente - SRH/MMA deverá:

- formular, juntamente com o CNRH, a Política Nacional de Recursos Hídricos, acompanhar e monitorar sua implementação;
- monitorar o funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- coordenar a elaboração e acompanhar a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos;

- coordenar em sua esfera de competência, a elaboração de planos, programas e projetos nacionais, referentes a águas subterrâneas, e monitorar o desenvolvimento de suas ações, dentro do princípio da gestão integrada dos recursos hídricos.

O artigo 44 da Lei nº 9.433/97 estabelece que as Agências de Água terá como responsabilidade:

- manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação;
- manter o cadastro de usuários de recursos hídricos;
- gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação;
- celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências;
- promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação;
- propor ao(s) respectivo(s) Comitê(s) de Bacia Hidrográfica:
 - o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao CNRH ou CERH respectivo;
 - os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos;
 - o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos.

Dentre as ferramentas estabelecidas pela Lei 9.433/97 para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, o sistema de informações tem como objetivo a coleta, tratamento, armazenamento e recuperação da informação sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. Pelo enfoque dado aos sistemas de informações, pela amplitude de usos e pela utilização conjunta desses sistemas com outras ferramentas de informática, os mesmos passaram a ser utilizados pelos gestores ambientais como sistemas de apoio à decisões – SAD (ALMEIDA, 2006).

Neste sentido, o projeto de um banco de dados geográfico é fundamental para criar as condições necessárias ao desenvolvimento de um futuro sistema de apoio à decisões que subsidiem as tomadas de decisões da gestão integrada dos recursos hídricos para os municípios.

4.5. O Processo Decisório

A gestão ambiental, em todas as tipologias, envolve as tomadas de decisões para que as metas possam ser atingidas. O processo envolve uma seleção criteriosa de um curso preferencial de ações a partir de alternativas viáveis (OLIVEIRA, 1998).

Dentre os fatores que determinam o sucesso do processo decisório estão a quantidade e qualidade das informações, fatores que lhes conferem confiança na formulação de cenários. A maioria das decisões são tomadas em um contexto de elevadas incertezas sobre o futuro, principalmente considerando-se a escassez de informações (MAGALHÃES JUNIOR, 2001).

Como todo processo decisório, há gestores que optam pelo uso simplificado da informação utilizando apenas as informações que contribuem para a compreensão de um problema o mais rápido possível e há gestores, que se caracterizam por buscar informações adicionais, até terem certeza de que realmente não há outras informações disponíveis que possam fornecer-lhes "*insights*" sobre o problema. Permanecem, portanto, abertos a qualquer nova informação que possa ajudá-los a melhorar a compreensão do problema e das propostas de soluções.

A utilização otimizada das informações vai ao encontro do princípio da precaução, muito defendido atualmente em termos de políticas públicas no campo de meio ambiente, segundo o qual não se deve tomar decisões sem antes terem certa segurança sobre suas conseqüências. Precaver-se é melhor do que responder posteriormente por equívocos de difícil solução (MAGALHÃES JUNIOR, 2001).

A utilização das informações no processo decisório determina condições de riscos e incertezas. Sob condições de riscos, os gestores contam com situações em que os resultados não são totalmente conhecidos, mas cairão em uma série de alternativas ou probabilidades. As condições de incertezas operam quando os gestores encontram dificuldades de levantar as probabilidades de ocorrência das alternativas, seja devido à falta de informações ou ausência de conhecimentos sobre as alternativas.

A integração dos dados das instituições responsáveis pelo monitoramento hidrológico é imperativa, na formação de um sistema nacional de dados hidrológicos. A integração também deve passar pelos diferentes tipos de dados, como os de uso do solo e aspectos

sócio-econômicos, dentre outros de caráter ambiental. Tal integração é ainda um desafio, já que não é fácil considerar as numerosas cadeias de fluxos pelas quais circulam as águas. Os gestores devem, da melhor maneira possível, compreender a dinâmica ambiental condicionante das decisões a serem tomadas. Não podemos nos esquecer também que o sucesso do processo decisório dos comitês depende dos avanços tecnológicos, os quais aceleram de forma fenomenal a capacidade humana de gerar, transmitir e tratar dados e informações (MAGALHÃES JUNIOR, 2001).

Os SAD são sistemas informatizados que auxiliam à tomada de decisões em diversas áreas, entre elas, a de recursos hídricos. Esses sistemas são formados, em geral, por três componentes: banco de dados, um conjunto de modelo e interface de acesso. Por meio das interfaces, o usuário realiza simulações na busca de um gerenciamento e planejamento racional dos recursos hídricos. Simulações hidrológicas que tratem da água em qualidade e quantidade podem ser realizadas com os sistemas de apoio a decisões. Daí a necessidade de um conjunto de modelos, módulos de diálogos e informações armazenadas em banco de dados (ALMEIDA, 2006).

Sample et al. (2001) propuseram um sistema de apoio à decisões composto por um sistema de informações geográficas, (SIG) um modelo matemático de drenagem urbana e um modelo de otimização.

As aplicações mostram que a utilidade do SIG vem melhorar o apoio às tomadas de decisões. Há uma tendência natural de utilização do SIG para as análises, chegando o mesmo a ser a ferramenta que domina essa prática. Contudo é importante a integração de diferentes ferramentas compondo um sistema de apoio a decisões, caso contrário, o SIG só não pode oferecer suporte ao processo de apoio a decisões (ALMEIDA, 2006).

Uma das principais características de um SIG é possibilitar a realização de análises espaciais envolvendo dados referenciados geograficamente. Entre os principais componentes de um SIG, está o componente de armazenamento, denominado sistema de gerenciamento de banco de dados. Devido à complexidade das aplicações que são desenvolvidas a partir de um SIG, um dos problemas críticos no desenvolvimento desses sistemas tem sido o projeto de banco de dados geográfico (DAVIS, 2001).

Os SIG's são estruturados em camadas para facilitar a coleta, armazenamento e tratamento da informação atendendo as necessidades de análise dos usuários, conforme o exemplo da Figura 2. Cada camada pode gerar um banco de dados com as informações pertinentes ao tema tratado na camada e podem ser relacionados entre si de acordo com as necessidades.

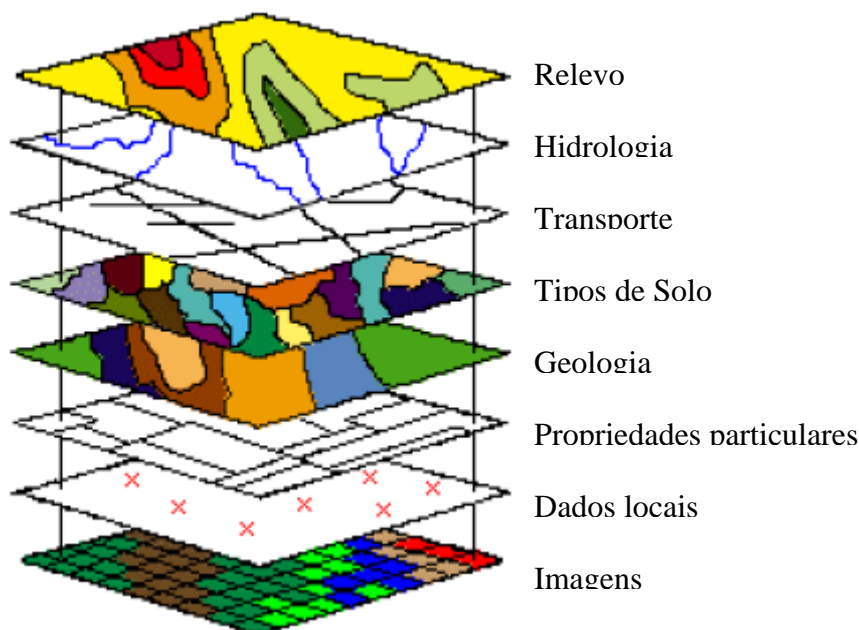


Figura 2 - Camadas de Informação do SIG

Fonte: PAGLIS, 2003.

O projeto de banco de dados deve ser realizado com o apoio de um modelo de dados de alto nível (modelo conceitual). A modelagem conceitual tem sido aplicada com sucesso no projeto de bancos de dados em geral. Independentes de plataformas de *hardware* e *software*, os modelos conceituais permitem representar, de maneira abstrata, formal e não ambígua, a realidade da aplicação, facilitando a comunicação entre projetistas e usuários. Aplicações geográficas, contudo, impõem alguns requisitos específicos de modelagem que não são satisfatoriamente atendidos pelos modelos conceituais de dados de âmbito geral. (LISBOA FILHO, 2001).

Como pode-se observar, os sistemas de informações e o sistema de informações geográficas tem como peça fundamental o banco de dados e banco de dados geográfico respectivamente. Dada a importância deste item nos sistemas de informações geográficas aplicados aos sistemas de apoio à decisões, o banco de dados terá um capítulo específico.

4.6. Banco de Dados

Uma das fases mais importantes do ciclo de vida de um banco de dados é o seu projeto, (DATE, 2004 e SILBERSCHATZ et al, 2006), os autores argumentam que, nessa fase, o projetista define o esquema do banco de dados de acordo com as necessidades dos usuários finais.

A modelagem do banco de dados deve ser feita de acordo com as necessidades de entendimento de sua estrutura. Cada tipo de modelo apresenta uma visão da realidade, uma forma de conceber uma solução informatizada para esta visão do problema, também conhecida como de nível de abstração, e um banco de dados pode ser modelado em vários níveis de abstração, (HEUSER, 2004 e ELMASRI & NAVATHE, 2005). Um modelo de dados para um usuário menos experiente, por exemplo, deverá estar em um nível de abstração maior que um modelo de dados que será usado por um técnico que deseja otimizar as consultas de um banco.

Em banco de dados, podem ser considerados os modelos: conceitual, lógico e físico. Cada um desses modelos encontra-se em um nível de abstração, sendo que o modelo conceitual possui um nível maior de abstração por estar mais próximo da realidade a ser modelada e os modelos físico e lógico possuem um nível de abstração mais baixo por trazerem detalhes de armazenamento, que implica em uma relação direta com o *software* adotado para o projeto (ELMASRI & NAVATHE, 2005). A Figura 3 ilustra as etapas do projeto de banco de dados.

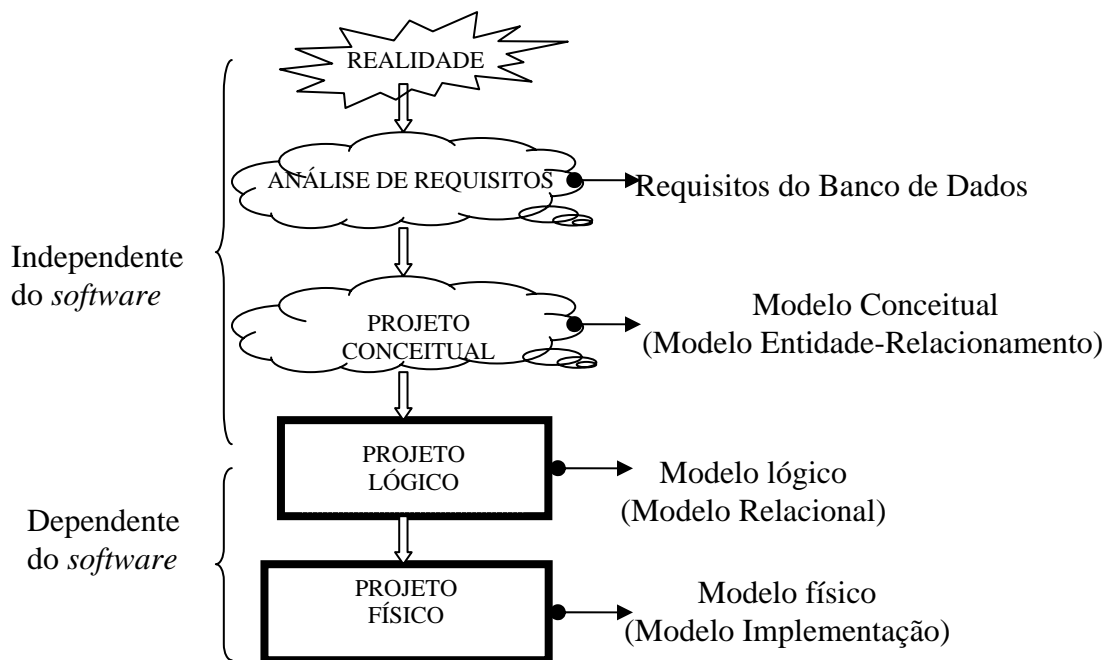


Figura 3 - Etapas do projeto do banco de dados.

Adaptado de ELMASRI & NAVATHE (2005).

A construção do projeto conceitual é parte fundamental do processo de desenvolvimento de sistemas de informações, é nesta fase que se identificam os objetos do mundo real que de alguma forma interage com o sistema, a identificação do objeto permite extrair um conjunto de características que irão subsidiar uma representação adequada de cada objeto através de um processo de abstração.

A abstração de conceitos e entidades existentes no mundo real também é uma parte importante da criação de sistemas de informações. Além disso, o sucesso de qualquer implementação em computador de um sistema de informações é dependente da qualidade da transposição de entidades do mundo real e suas interações para um banco de dados informatizado. A abstração funciona como uma ferramenta que ajuda a compreender o sistema, dividindo-o em componentes separados. Cada um destes componentes pode ser visualizado em diferentes níveis de complexidade e detalhe, de acordo com a necessidade de compreensão e representação das diversas entidades de interesse do sistema de informações e suas interações.

Desta forma, é necessário construir uma abstração dos objetos e fenômenos do mundo real, de modo a obter uma forma de representação conveniente que seja adequada às finalidades das aplicações do banco de dados.

O projeto conceitual compreende a descrição e definição dos conteúdos dos dados, além de suas estruturas e de regras aplicáveis aos dados (DATE, 2004). A modelagem conceitual é sempre feita com base em algum formalismo conceitual por (exemplo: Entidade-Relacionamento, Orientação a Objetos), independentemente do nível de abstração empregado.

Os modelos de dados conceituais são os mais adequados para capturar a semântica dos dados e, conseqüentemente, para modelar e especificar as suas propriedades. Eles se destinam a descrever a estrutura de um banco de dados em um nível de abstração independente dos aspectos de implementação.

A orientação a objetos é uma tendência em termos de modelos para representação de aplicações geográficas (PEREZ, 1997). Conforme Câmara et al.(2001), a modelagem orientada a objetos não obriga o armazenamento em um sistema de gerenciamento de banco de dados orientado a objetos, mas simplesmente visa dar ao usuário maior flexibilidade na modelagem incremental da realidade. Os objetos geográficos se adequam bastante bem aos modelos orientados a objetos. Nos últimos anos, modelos de dados orientados a objetos têm sido desenvolvidos para expressar e manipular as complicadas estruturas de conhecimento

usadas nas diversas aplicações não-convencionais como CAD/CAM, multimídia, CASE, sistemas de informações geográficas, entre outras (LISBOA FILHO, 1997).

O projeto lógico consiste em transformar, um esquema conceitual de dados em um esquema lógico. Na fase do projeto lógico elabora-se o esquema lógico do banco de dados com base no tipo de modelo de Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - SGBD, que será utilizado. O esquema lógico independe do *software* a ser usado, mas é dependente de um modelo de dados. Os projetos são gerados a partir da aplicação de regras de transformação do esquema conceitual em elementos de representação de banco de dados orientado a objetos. Para isto utiliza-se, por exemplo, a ferramenta CASE, *Rational ROSE*, para elaborar a modelagem do banco de dados e a criação automática do script¹ do banco de dados físico. Um exemplo de utilização desta ferramenta para a construção de um diagrama de banco de dados está apresentado na Figura 4.

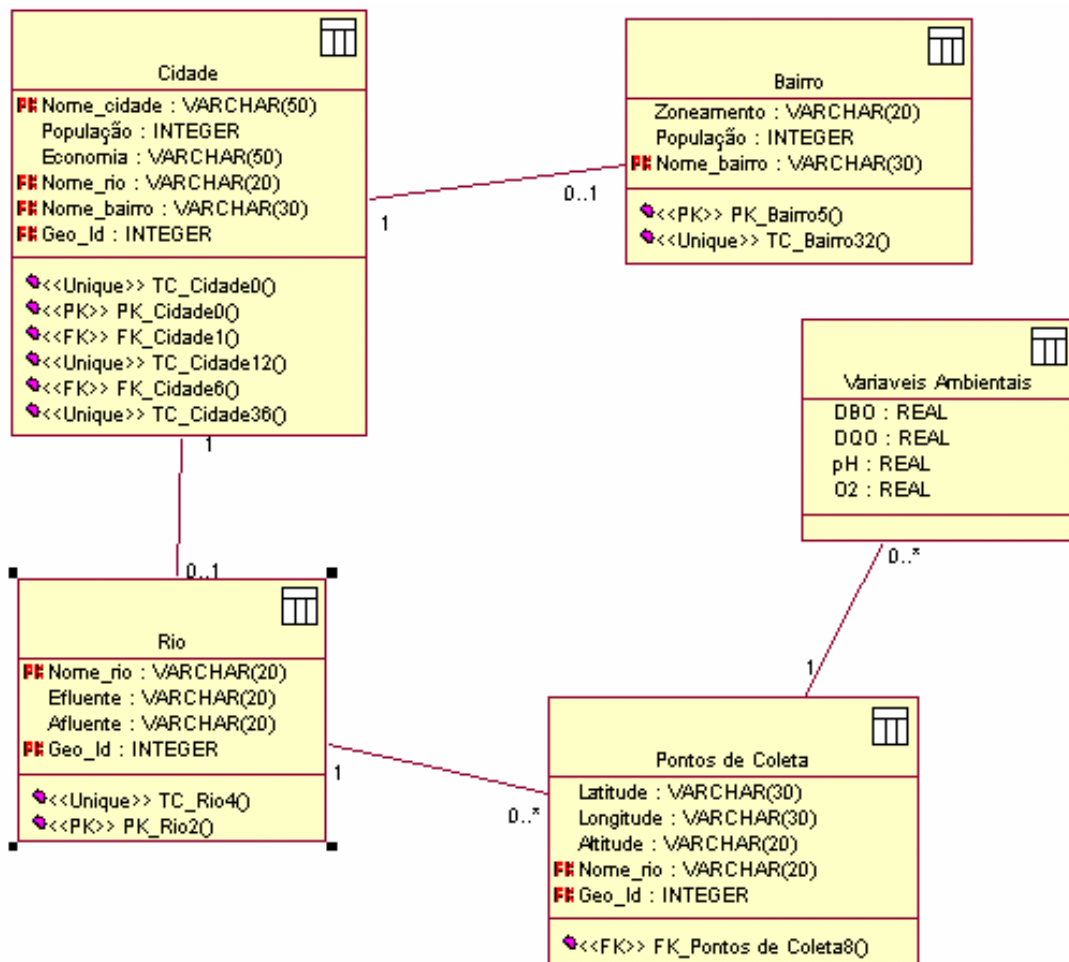


Figura 4 - Diagrama de Banco de Dados Lógico utilizando o *software Rational ROSE*

¹ Conjunto de comandos a serem executados pelo *software* para criação das tabelas e relacionamentos. Conforme Figura 4.

Com base neste diagrama a ferramenta CASE – *Rational ROSE*, irá gerar automaticamente um *script*², isto é, gerar o banco de dados físico, segundo as características determinadas pelos atributos especificados no diagrama e o SGBD escolhido entre as várias opções que a ferramenta proporciona, conforme pode ser visto na Figura 5.

```
CREATE TABLE INDICADORES (Geo_Id INTEGER NOT NULL, DBO REAL, DQO REAL, O2 REAL, pH REAL, CONSTRAINT PK_PONTOS_de_COLETAS3 PRIMARY KEY (Geo_Id), CONSTRAINT TC_PONTOS_de_COLETAS3 UNIQUE (Geo_Id));

ALTER TABLE RIO ADD CONSTRAINT FK_RIO3 FOREIGN KEY (Geo_Id) REFERENCES INDICADORES (Geo_Id);
```

Figura 5 - Exemplo de *script* do banco de dados modelado

O projeto físico define os aspectos de implementação física do banco de dados como, por exemplo, estruturas de armazenamento, caminhos de acesso, particionamento e agrupamento. Estão diretamente relacionados a um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados específico e permitem ao projetista, planejar aspectos ligados à eficiência do sistema. Como exemplificado na Figura 6.

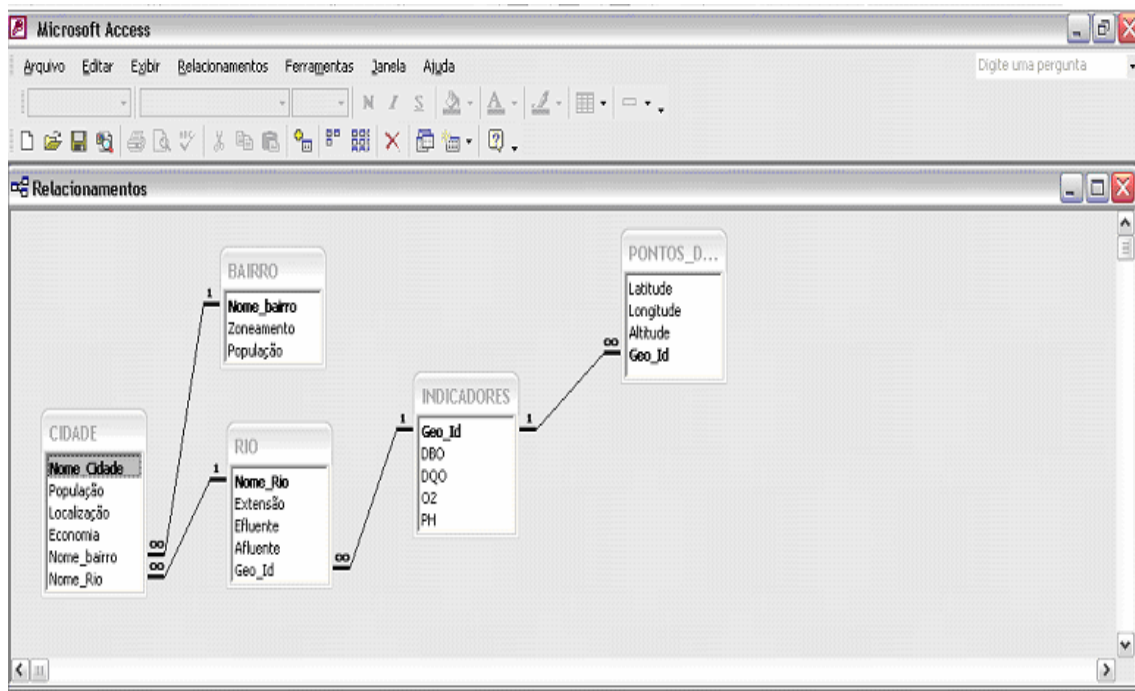


Figura 6 - Projeto físico do banco de dados do sistema

² Arquivo texto contendo os comandos para gerar o banco de dados, as tabelas, os campos, a chave primária e os relacionamentos.

Neste trabalho serão utilizadas diversas técnicas de modelagem que representem de forma integrada a realidade do objeto de estudo.

4.6.1. Bancos de Dados Geográficos

A informação geográfica é o resultado do processamento de dados geográficos.

Um dado geográfico refere-se a uma medida observada de um fenômeno que ocorre sobre ou sob a superfície terrestre, onde a localização da observação é um componente fundamental do dado (CÂMARA, 1995).

O termo fenômeno geográfico compreende, de forma abrangente, a qualquer ocorrência que pode ser: natural (ex: um lago, a pressão atmosférica); antrópica (ex: uma rodovia, uma divisão territorial política); de fatos (ex: uma epidemia, uma batalha); ou mesmo de objetos inexistentes (ex: o planejamento de um gasoduto, o projeto de uma hidroelétrica).

Segundo Chrisman (1997), a informação geográfica possui três componentes básicos: atributos, espaço e tempo. Para se medir esses componentes, devem-se fixar um segundo componente e usar o terceiro como controle. Por ex: para medir a altitude (atributo) de uma determinada região, fixa-se o componente tempo, faz-se variar a posição no espaço (controle) e toma-se o valor da altitude para os diversos pontos da região.

O componente espacial descreve a localização geográfica e a forma geométrica do fenômeno descrito pela informação geográfica, além de relacionamentos com outros fenômenos geográficos. Como a principal função de um SIG é possibilitar a realização de operações de análise espacial, o componente espacial é o mais importante no contexto do SIG (LISBOA FILHO, 2003).

Um dado geográfico é um dado espacial, isto é, a representação de um objeto no espaço com sua forma geométrica (coordenadas numéricas). Por exemplo, a forma de uma esfera no espaço R^3 ou um círculo no espaço R^2 são dados espaciais, mas não são dados geográficos. Quando o dado espacial está relacionado com sua localização sobre a superfície terrestre, isto é são utilizadas coordenadas geográficas (ex: latitude e longitude), este dado além de ser espacial é geográfico, também conhecido como um dado geo-espacial ou georreferenciado.

Um fenômeno geográfico possui características qualitativas e quantitativas que são descritos de forma textual e/ou numérica. Os atributos descrevem as características não espaciais do fenômeno geográfico, por exemplo, nome, população, orçamento.

Todo fenômeno geográfico é eminentemente temporal, ou seja, está associado a um instante ou intervalo de tempo em que ocorre ou está sendo observado (PEUQUET, 1995). O componente tempo pode ser crítico para a informação geográfica em função do tipo de aplicação em que está sendo utilizado. Desta forma, a informação extraída do sistema é válida para o momento da consulta. Por exemplo, o mapa geo-político do Brasil tem sofrido mudanças com a criação de novos estados, o mapa da região da antiga URSS e da região apresentam mudanças significativas.

Devido à necessidade de tratar as três dimensões da informação geográfica, alguns requisitos especiais de modelagem devem ser suportados pelo modelo conceitual no projeto de banco de dados. Segundo Câmara (1995) estão entre eles:

- Fenômeno Geográfico e Objeto Convencional: em um banco de dados geográfico existem representações de dados geográficos (por exemplo, os limites de uma fazenda) e dados convencionais (por exemplo, os dados do proprietário). É importante em um esquema conceitual, que se possa diferenciar entre as classes que descrevem os tipos de objetos.
- Visões de Campos e de Objetos: na visão de campo a realidade é modelada por variáveis com distribuição contínua no espaço, caracterizada pelos atributos (ex: temperatura, tipo de solo, relevo), medidos para um conjunto de coordenadas geográficas. Na visão de objetos, a realidade consiste de fenômenos com propriedades individuais e ocupa um lugar identificável no espaço, (por ex: rios são descritos na classe Rio), já o campo geográfico “Altimetria”, não é um objeto assim não pode ser descrito por uma classe. A maioria dos modelos existentes não suporta a modelagem dos fenômenos geográficos que não são percebidos na visão de campo (LISBOA FILHO, 2003).
- Aspectos Temáticos: os fenômenos geográficos possuem vários atributos, inclusive a localização geográfica (atributo espacial). A localização e a forma do fenômeno são representadas pelos objetos espaciais associados a um sistema de coordenada. Isto é feito através de camadas físicas (por ex: conjunto de polígonos representando os limites dos lotes urbanos).
- Aspectos Espaciais: é a forma espacial dos fenômenos geográficos, podem ser implementados através de objetos espaciais. Todo objeto espacial possui uma geometria que o representa, sendo suas coordenadas devem estar compatíveis

com um sistema de projeção (por exemplo: UTM, neste trabalho os pontos de coleta são identificados através de coordenadas em UTM). A inclusão dos aspectos espaciais no projeto conceitual tem sido fator fundamental na comunicação com os usuários (LISBOA FILHO, 2003).

- **Múltiplas Representações:** A possibilidade de existência de múltiplas representações para um mesmo fenômeno geográfico se dá em função das várias visões que os usuários têm de um mesmo fenômeno geográfico. Estes podem ser representados em diferentes escalas ou projeções, inclusive por diferentes objetos espaciais, (por exemplo: um rio pode ser representado por uma linha ou um polígono).
- **Relacionamentos Espaciais,** uma das tarefas mais importantes da modelagem de dados é a identificação dos relacionamentos que deverão ser mantidos em relação ao conjunto de relacionamentos observáveis na realidade. Estes relacionamentos são definidos em função da aplicação, já que o número de relacionamento pode ser muito grande na realidade, (por exemplo: Rio - Ponte – bairro com bairro).
- **Aspectos Temporais:** a necessidade dos dados geográficos serem qualificados com base no tempo, se deve à precisão de se registrar o histórico, para se conhecer a evolução dos fenômenos geográficos e possibilitar uma melhor análise do fenômeno.

4.6.2. Modelando Banco de Dados Geográfico com UML-GeoFrame

Na metade da década de 1990, Grady Booch (Rational *Software* Corporation, criador do método Booch), Ivar Jacobson (Objectory, pai do método Object-Oriented *Software* Engineering - OOSE) e James Rumbaugh (General Electric, responsável pelo método Object Modeling Technique - OMT) começaram a integrar as melhores idéias entre os vários métodos existentes e criaram uma linguagem unificada de modelagem – UML (RUMBAUGH, 1991). Com isso esperavam fornecer ao mercado uma linguagem mais concreta e madura com os quais os desenvolvedores de ferramentas, por exemplo: IBM, Microsoft, ORACLE, entre outros, pudessem criar uma ferramenta mais utilizável. Usando técnicas orientadas a objeto criariam uma linguagem que abrangesse desde o conceito até o sistema executável, não somente a sistemas complexos, mas também a sistemas menores.

Entre as empresas que contribuíram para a definição da UML 1.0 destacam-se: Digital Equipment Corporationm Hewlett-Packard, I-Logix, Intel-licorp, IBM, ICON Computing,

MCI Systemhouse, Microsoft, Oracle, Rational, Texas Instruments e Unisys. Resultando uma linguagem de modelagem bem definida, expressiva, poderosa, e que poderia ser aplicada a uma grande variedade de tipos de problemas (BOOCH, 2000).

Neste trabalho, apenas uma pequena parte dos recursos da UML serão utilizados, entre eles o modelo de classes, cujos principais construtores gráficos são mostrados na Figura 7.

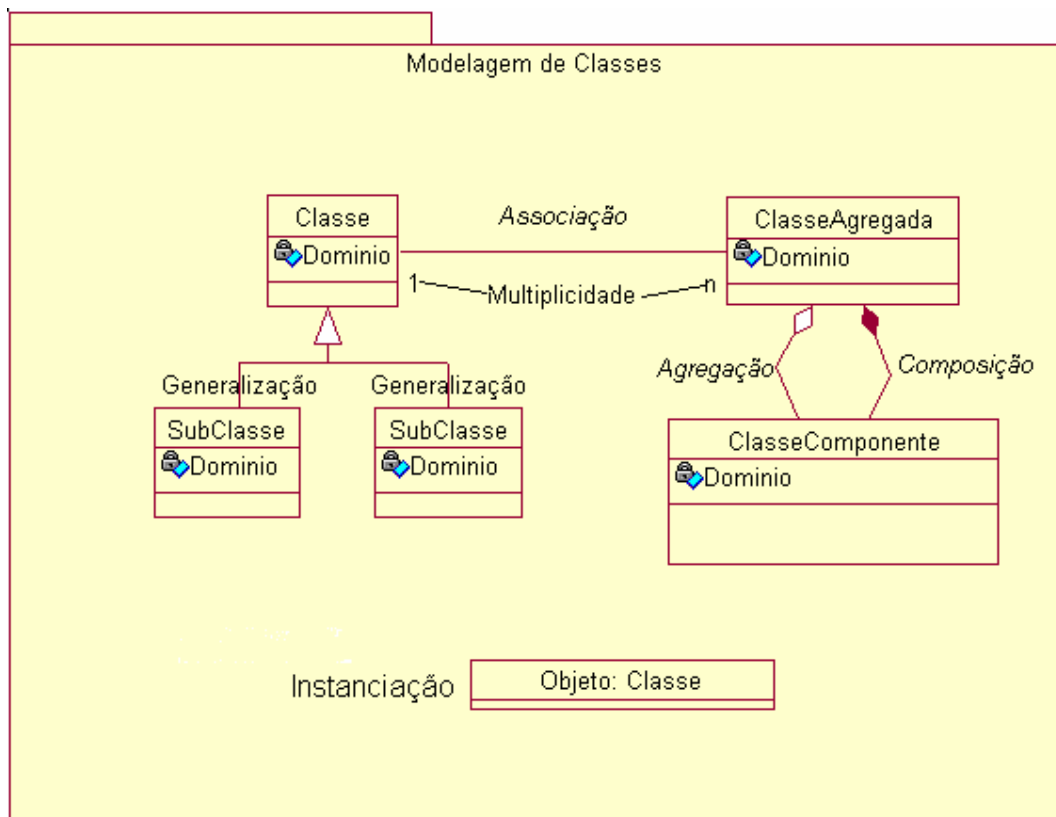


Figura 7 - Notação do modelo de objetos na UML

Fonte: LISBOA FILHO (2003).

Segundo Rumbaugh (2000), os mecanismos de abstração e elementos construtores da UML, que serão utilizados nesta abordagem podem ser resumidos como:

- **Classificação** – Nos modelos orientados a objetos, o passo mais importante é a abstração da realidade em objetos que possuem uma estrutura capaz de armazenar suas características (atributos) e um comportamento descrito pelas operações que o objeto é capaz de realizar. Objetos semelhantes modelados através das classes.
- **Instanciação** – Quando um objeto de uma classe é valorado ou identificado é conhecido como instância de uma classe.
- **Generalização** – Classes semelhantes podem ser agrupadas e descritas de forma generalizada, onde a classe genérica (superclasse) transfere por herança seus

atributos, métodos e associações, para as classes que foram generalizadas (isto é, as subclasses).

- Associação – Representa os relacionamentos que pode haver entre os objetos de diferentes classes. Multiplicidade é o nome dado à cardinalidade de uma associação.
- Agregação – Tipo especial de associação para representar relacionamentos entre objetos compostos e suas partes.
- Composição – Tipo especial de agregação na qual a existência do objeto composto (o todo) depende de existência dos objetos componentes (suas partes).

Esses relacionamentos entre as classes representam as interações que os objetos da vida real exercem entre eles, por exemplo: a Figura 8, ilustra o exemplo de um diagrama de classe, representando a relação entre os bairros da cidade e os rios através das pontes e a relação bacia hidrográfica com os rios e ribeirões que a compõem.

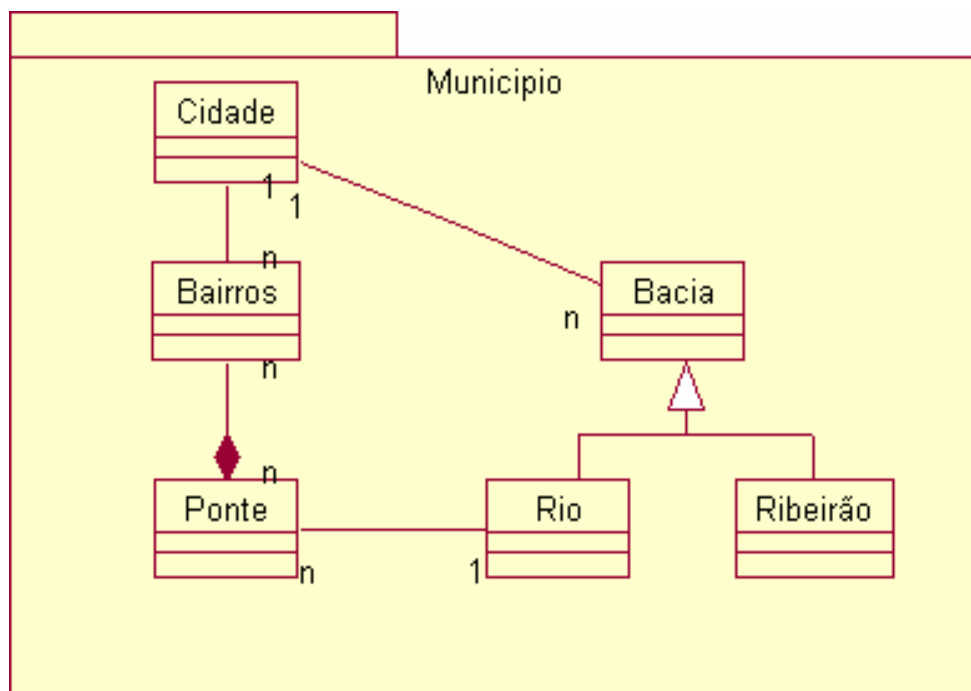


Figura 8 - Exemplo de diagrama de classe em UML.

UML-GeoFrame é um framework conceitual que fornece um diagrama de classes básicas para auxiliar o projetista nos primeiros passos da modelagem conceitual de dados de uma nova aplicação de SIG (LISBOA FILHO, 2003). O framework UML-GeoFrame, esquematizado na Figura 9, foi elaborado sob o enfoque mais genérico, onde o mesmo expressa a idéia de um projeto conceitual para uma família de aplicações geográficas.

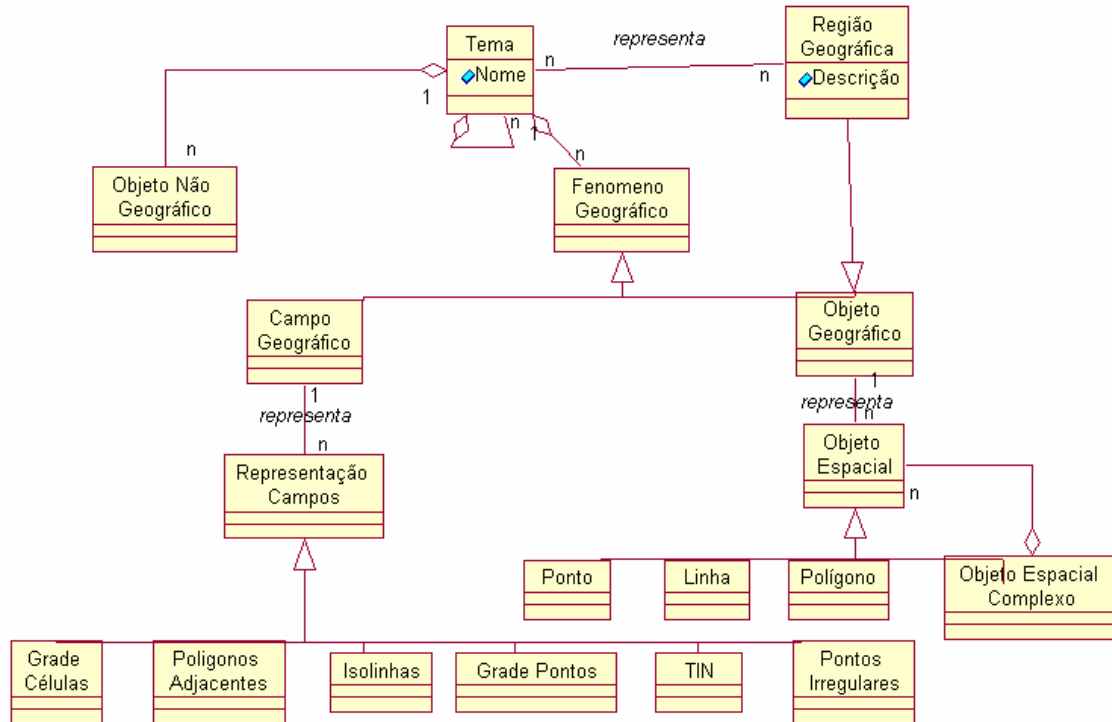


Figura 9 - Diagrama de Classe UML-GeoFrame.

Adaptado de LISBOA FILHO (2003).

O UML-GeoFrame foi definido segundo as normas da orientação a objetos usando a notação gráfica da UML, apresentando a seguir as classes do diagrama.

Tema e Região Geográfica

Essas classes formam a base de qualquer aplicação geográfica que tem por objetivo o gerenciamento e a manipulação de um conjunto de dados para uma determinada região de interesse, constituindo um banco de dados geográfico. Para cada região geográfica pode-se especificar um conjunto de temas que podem retratar várias coleções de dados.

Objeto Não Geográfico e Fenômeno Geográfico

Em um banco de dados geográfico existem dados de fenômenos georreferenciados, com ou sem representação espacial como qualquer sistema de informações, isto é, representam objetos sem relação com a localização geográfica, assim são conhecidos como Objeto Não Geográfico. Já a classe Fenômeno Geográfico generaliza qualquer fenômeno que tenha uma relação com sua localização terrestre, por exemplo: Um lote de terra é uma instância espacial que esta representada no banco de dados.

Campo Geográfico e Objeto Geográfico

Essas duas visões levam a diferentes modelagens dos fenômenos geográficos, a classe Campo Geográfico e Objeto Geográfico especializam a classe Fenômeno Geográfico,

permitindo ao projetista integrar de forma distinta, os campos e os objetos geográficos, respectivamente.

A classe abstrata Objeto Geográfico é uma generalização de classes mais abrangentes na visão dos objetos, por exemplo a classe Fenômeno Geográfico. Essas classes representam fenômenos geográficos que podem ser instanciados, isto é, possuem identidade própria e podem ser descritos através de seus atributos.

A classe abstrata Campo Geográfico generaliza os fenômenos que se enquadram na visão de campo. Segundo Aurélio (1995), campo é um conjunto de valores de uma grandeza física que, numa região do espaço, dependem apenas das coordenadas dos pontos pertencentes a essa região, isto é, cada ponto do espaço é identificado por um valor diferente e único, o seu identificador, o geo-id.

Objeto Espacial

É uma classe abstrata cujas subclasses formam o conjunto mínimo de construtores para a especificação do componente espacial dos fenômenos geográficos na visão de objetos. Alguns fenômenos geográficos podem apresentar dimensões espaciais complexas, ou seja, composta por outros objetos espaciais (ex: um arquipélago). Assim, a classe Objeto Espacial, possui as subclasses (Ponto, Linha, Polígono, Objeto Espacial Complexo), que constituem o conjunto mínimo de classes necessárias para a fase do projeto conceitual.

Representação Campo

Os aspectos espaciais de um campo geográfico são abstraídos de forma diferente dos aspectos espaciais de um objeto geográfico. Para especialização do componente espacial de um campo geográfico são usadas as subclasses da classe Representação Campo, que são Grade Células, Polígono Adjacentes, Isolinhas, Grade Pontos, TIN, Pontos Irregulares. Um Campo Geográfico ou um Objeto Geográfico podem ser obtidos usando vários componentes espaciais.

Conforme Ruschel (2003), o framework conceitual UML-GeoFrame diferencia-se de outros modelos conceituais para tipos de dados geográficos ao buscar a compatibilidade total com a linguagem UML. Essa compatibilidade permite que suas características e definições sejam melhor exploradas, podendo beneficiar-se dos recursos oferecidos pelas diversas ferramentas de modelagem da UML. Para que a infra-estrutura oferecida pelo UML-GeoFrame possa também ser utilizada para descrever os aspectos dinâmicos de um banco de dados geográfico, é necessária a incorporação de recursos como os descritos a seguir:

- Oferecer um catálogo de operações de geoprocessamento de tal forma que possam ser utilizadas na especificação de processos;

- Capacidade de expressar, em um diagrama de classes, associações entre as classes originais e derivadas resultantes de processos de análise geográfica;
- Oferecer uma metodologia para especificação de processos de análise geográfica, utilizando outros recursos da UML ainda não explorados, como os diagramas comportamentais ou a expressão de processos no diagrama de classes.

O esquema conceitual da modelagem baseada em UML-GeoFrame inclui a modelagem dos aspectos espaciais da informações geográfica e a distinção entre objetos convencionais e objetos e campos geográficos. Isto segundo, Lisboa Filho (2003) se dá em 3 etapas:

Na primeira etapa deve-se identificar temas e sub-temas para cada área geográfica. A escolha da área geográfica é uma das primeiras atividades a ser realizada, a seguir deve-se identificar os principais temas para os quais os dados serão coletados e mantidos no banco de dados geográficos. O UML-GeoFrame usa para isto o construtor Pacote da UML, como ilustra a Figura 10.

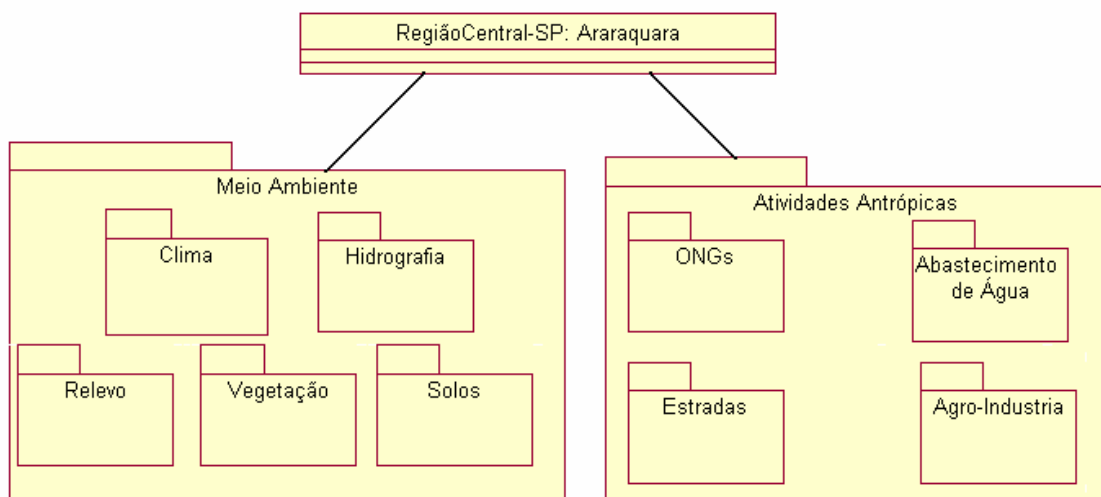


Figura 10 – Temas e Sub-temas envolvidos no projeto

Na segunda etapa para cada tema especificado deverá ser elaborado um diagrama de classe. Segundo o diagrama de classe do UML-GeoFrame exibido na Figura 10, as aplicações devem ser modeladas como subclasse de uma das seguintes superclasses ObjetoGeográfico, CampoGeográfico ou ObjetoNãoGeográfico, para receberem por herança os atributos e métodos dessas superclasses. Através da especialização entre essas superclasses nas subclasses das aplicações, poderão surgir inúmeros relacionamentos, que conforme a proposta do UML-GeoFrame, poderão ser substituídas pelos estereótipos exibidos na Figura 11.











ObjetoEspacial	RepresentaçãoCampo
 Ponto	 GradeCélulas
 Linha	 GradePontos
 Polígono	 PolAdjacentes
 Complexo	 Isolinhas
	 TIN
	 PontosIrregulares

Figura 11 - Estereótipos do UML-GeoFrame utilizados na modelagem das classes

Na terceira etapa modela-se o componente espacial dos fenômenos geográficos.

Seguindo o proposto nos diagramas de classes do UML-GeoFrame, o componente espacial dos campos e objetos geográficos é modelado através de associações (Representa) entre as classes da aplicação e as subclasses RepresentaçãoCampos e ObjetoEspacial, para melhor visualização desses relacionamentos usamos os estereótipos apresentados na Figura 11, para modelagem do componente espacial segundo as visões de objeto e campos respectivamente (LISBOA FILHO, 2003). Como exemplificado na Figura 12.

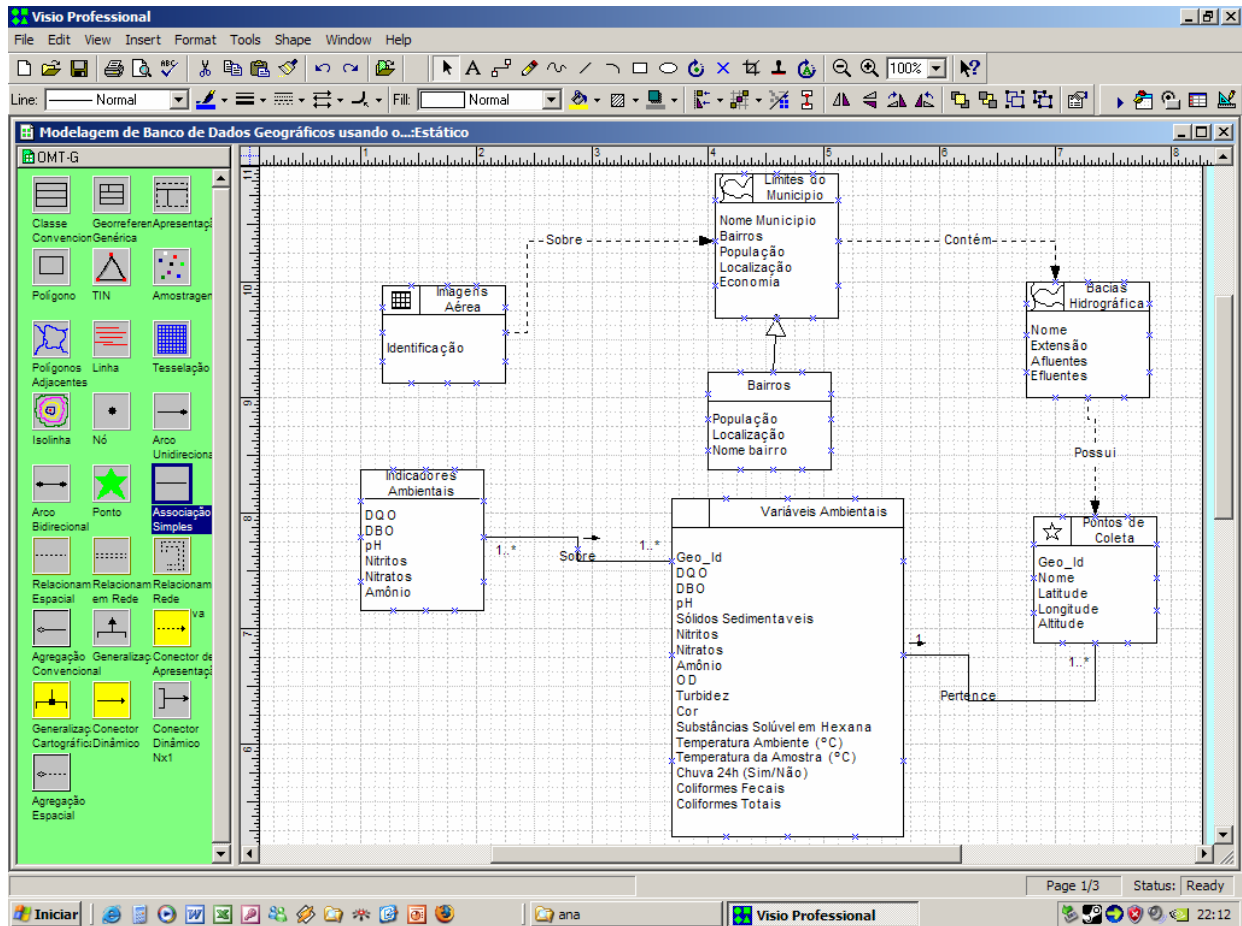







Figura 12 - Modelagem do banco de dados geográfico usando UML-GeoFrame

O conjunto de estereótipos representando as entidades convencionais e georreferenciadas descrevem as propriedades, comportamento, relacionamentos e semânticas semelhantes, que de alguma forma se relacionam com as entidades espaciais. Por exemplo: Geo-Campos representam variáveis como tipo do solo, relevo e geologia como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Relação das Classes de Geo-Campos

Simbologia		Classe	Descrição	Aplicação
	Nome da Classe	Isolinhas	Representa uma coleção de linhas fechadas que não se cruzam nem se tocam. Cada instância da classe contém o valor associado.	Exemplo: curvas de nível, curvas de temperatura e curvas de ruído.
Atributos				
Operações				
	Nome da Classe	Amostragem	Representa uma coleção de pontos regular ou irregularmente distribuídos por todo espaço geográfico.	Exemplo: estações de medição de temperatura, modelos numéricos de terreno ou pontos cotados em levantamentos altimétricos de áreas urbanas.
Atributos				
Operações				
	Nome da Classe	Tesselação	Representa o conjunto das subdivisões de todo o domínio espacial em células regulares que não se sobrepõem e que cobrem completamente este domínio. Cada célula possui um único valor para todas as posições dentro dela.	Exemplo: Imagem de satélite.
Atributos				
Operações				
	Nome da Classe	Polígonos Adjacentes	Representa o conjunto de subdivisões de todo o domínio espacial em regiões simples que não se sobrepõem e que cobrem completamente este domínio	Exemplo: tipos de solo, divisão de bairros, divisões administrativas e divisões temáticas.
Atributos				
Operações				
	Nome da Classe	Rede Triangular Irregular	Representa o conjunto de grades triangulares de pontos que cobrem todo o domínio espacial.	Um exemplo é o TIN, para utilização em modelos numéricos de terreno.
Atributos				
Operações				

Fonte: www.dpi.inpe.br, (2003)

As figuras geométricas constituem-se de linhas, pontos e polígonos e podem ter representações diferentes em mapas de escalas distintas (BORGES, 2002). O Quadro 3 exhibe o conjunto de classes de Geo-Objetos e suas aplicações.

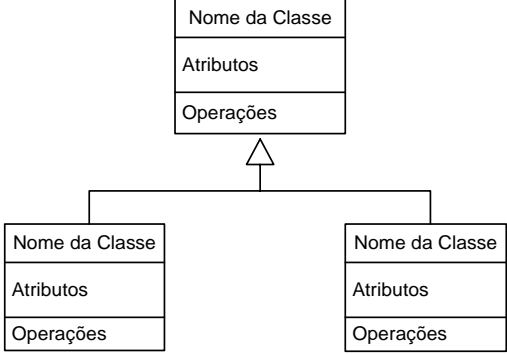
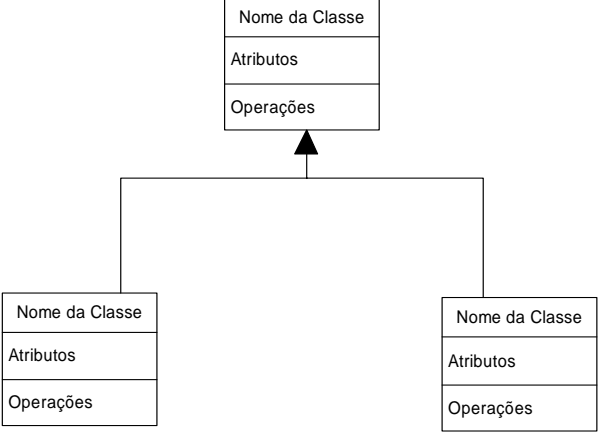
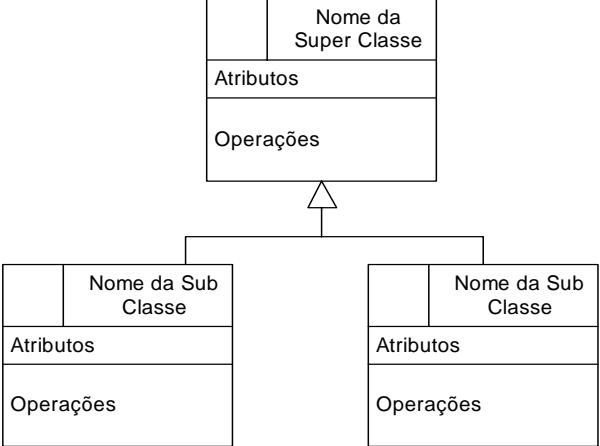
Quadro 3 - Representação das Classes de Geo-Objetos

Simbologia		Classe	Descrição	Aplicação
—	Nome da Classe	Linha ·	Representa objetos lineares sem exigência de conectividade.	Exemplo: representação de muros, cercas e meio-fios.
Atributos				
Operações				
☆	Nome da Classe	Ponto	Representa objetos pontuais, que possuem uma única coordenadas (x, y).	Exemplo: postes, orelhão e hidrantes.
Atributos				
Operações				
□	Nome da Classe	Polígono	Representa objetos de área, podendo aparecer conectada, como dentro de lotes de uma quadra, ou isolado.	Exemplo: A representação de uma ilha.
Atributos				
Operações				
→	Nome da Classe	Linha Uni-direcionada	Representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que possuem uma direção (arco do grafo orientado). Cada linha deve estar conectada a dois nós ou a uma outra linha uni-direcionada.	Exemplo: trechos de uma rede de esgotos, que indicam a direção do fluxo da rede.
Atributos				
Operações				
↔	Nome da Classe	Linha Bi-direcionada	Representa objetos lineares que começam e terminam em um nó e que são bi-direcionados. Cada linha bi-direcionada deve estar conectada a dois nós ou a outra linha bi-direcionada.	Exemplo: trechos de uma rede de água, onde a direção do fluxo pode ser nos dois sentidos dependendo do controle estabelecido.
Atributos				
Operações				
●	Nome da Classe	Nó	Representa os objetos pontuais no fim de uma linha, ou os objetos pontuais nos quais as linhas se cruzam. Possui a propriedade de conectividade, garantindo a conexão com a linha.	Por exemplo, o posto de visita na rede de esgotos ou o cruzamento na malha viária.
Atributos				
Operações				

Fonte: www.dpi.inpe.br (2003)

Relações espaciais abrangem alguns dos relacionamentos, como exemplo, topológicas, métricas, ordinais e *fuzzy*. No entanto, existem outras aplicações em que as mesmas relações espaciais tem significado relevante devendo ser representados na modelagem. Um caso particular de relação espacial é a hierarquia espacial, em que a relação de dependência entre as classes é definida com critérios espaciais. Como podemos ver no Quadro 4.

Quadro 4 - Representação dos relacionamentos das classes em função das relações espaciais.

Simbologia	Descrição
	<p>Generalização: As subclasses recebem por herança os atributos e operações da super classe.</p>
	<p>Generalização Espacial: pode ser Total onde a união de instâncias das subclasses equivalem ao conjunto das instâncias das superclasse, existindo instâncias que pertencam a mais de uma subclasse, ou Parcial, nem todas as instâncias da superclasse estão representadas nas subclasses e as instâncias existentes nas subclasses podem pertencer simultaneamente a mais de uma subclasse.</p>
	<p>Generalização Espacial: As subclasses possuem atributos gráficos diferentes da superclasse, no entanto herdam atributos alfanuméricos.</p>

Quadro 4 – Continuação

	<p>Associação Simples</p>
	<p>Associação Espacial</p>
	<p>Hierarquia Espacial</p>
	<p>Relacionamento em Rede</p>
	<p>Generalização Cartográfica: Pela Forma, sobreposta.</p>
	<p>Generalização Cartográfica: Pela Escala, disjunta.</p>

A partir da modelagem do banco de dados utilizando o GeoFrame será elaborado um dicionário de metadados que irá documentar as classes projetadas facilitando sua caracterização (nome, tipo, forma de representação, descrição, atributos), como descrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites do Município

Nome da Tabela: Limites do Município			
Categoria: Geo-Campo		Tipo: Polígonos Adjacentes	
ATRIBUTOS			
Nome	Formato	Tamanho	Descrição
Nome	Texto	50	Nome do município
Bairros	Texto	50	Nome dos bairros do município envolvidos na micro bacia hidrográfica do ribeirão das Cruzes
População	Numérico	Inteiro	Dados sobre a quantidade de habitantes do município.
Localização	Texto	50	Descrição da região em relação ao estado onde se encontra o município
Economia	Texto	50	Descrição das principais atividades econômicas do município

5. MATERIAIS e MÉTODOS

5.1. Software

O conjunto de *softwares* utilizados e suas finalidades estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Relação de *softwares* utilizados no presente estudo

<i>Software</i>	Empresa	Descrições	Uso	Licença de uso
EXCEL XP	Microsoft	Planilha eletrônica de dados.	Utilizado na captação e armazenamentos dos dados serem analisados e transferidos para o banco de dados definitivo	UNIARA
SPRING 4.1	INPE	O SPRING é um SIG (Sistema de Informações Geográficas) no estado-da-arte com funções de processamento de imagens, análise espacial, modelagem numérica de terreno.	Será utilizado na geração dos mapas temáticos. Como sistema gerenciamento de banco de dados geográfico e na consulta a bancos de dados espaciais	Software Livre
ACCESS XP	Microsoft	Gerenciador de banco de dados da Microsoft,	Será utilizado como banco de dados padrão do SPRING	UNIARA
SQL	Microsoft	Linguagem Estruturada de Pesquisa	Será utilizada na geração de consultas ao banco de dados	Software Livre
ROSE	Rational	Ferramenta CASE para modelagem de sistemas orientado a objeto da Rational	Será utilizada para elaboração do diagrama de banco de dados e para a geração do script do banco.	Versão Demo
MS VISIO com extensão GeoFrame	Microsoft	Ferramenta CASE, para projetos gráfico sobre o comportamento do sistema.	Será utilizado na modelagem do banco de dados geográfico	Software Free

5.2. Equipamentos

Foi utilizado um micro computador AMD Athlon 1,11 GHz com 512 Mb de memória RAM, com modem DSL para *internet* banda larga de 512Kbps utilizando o sistema operacional Windows XP Professional v.2002 – Service Pack 2 e uma impressora jato de tinta.

5.3. Métodos

O Departamento Autônomo de Água e Esgotos do município de Araraquara desde 2002, realiza bimestralmente a coleta de amostras de água em 13 pontos da bacia do ribeirão das Cruzes, desde sua nascente até seu encontro com Rio Jacaré-Guaçu. A Figura 13 exibe o primeiro ponto de coleta próximo ao Pesqueiro Três Irmãs, sua posição geográfica através da latitude e longitude, bem como os valores de algumas das variáveis ambientais obtidas no ponto.

A metodologia utilizada na elaboração deste trabalho contempla diversas atividades, entre elas a de definir a área de estudo e levantamento de dados junto ao DAAE. Outra atividade importante foi o tratamento de dados coletados. Isto possibilitou um refinamento dos dados para compor o banco de dados do sistema e especificação das classes georreferenciadas e convencionais. Essas classes são coleções de objetos que representam a realidade, por exemplo: um rio é um objeto, representado em uma classe convencional com nome, volume d'água, etc e em uma classe georreferenciada, com declividade, posição geográfica. Através destas classes e seus atributos pode-se modelar o banco de dados no modelo UML-GeoFrame.

A documentação do projeto conceitual foi elaborada através de Dicionário de Metadados, conforme Tabela 1, onde os detalhes de cada campo do banco de dados foram descritos facilitando a compreensão das funções de cada variável do sistema.

O projeto lógico por sua vez definiu as regras de consistência dos dados e restrições de integridade geográficas, possibilitando a documentação do projeto lógico e sua implementação conforme descrito anteriormente.

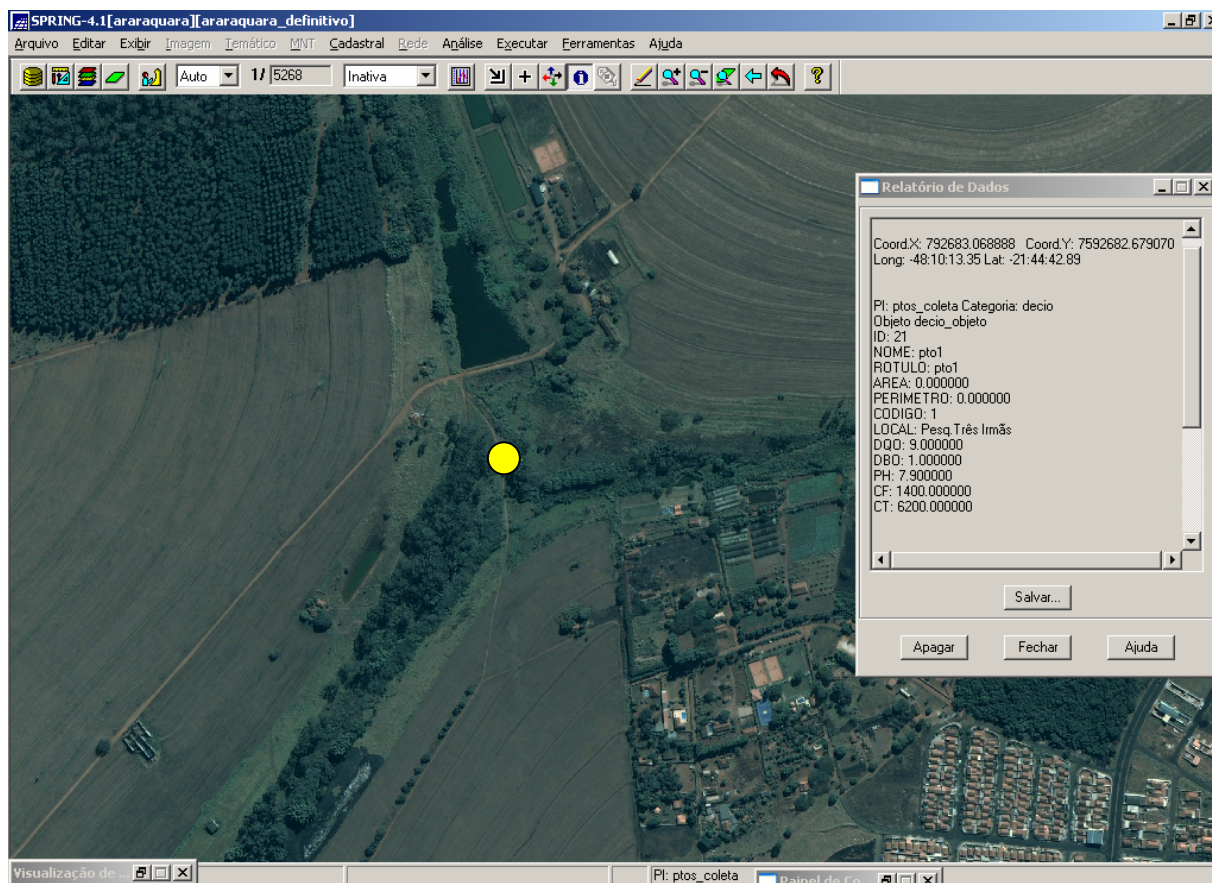


Figura 13 - Ponto inicial das coletas

Os dados até o presente momento vieram armazenados em planilhas eletrônicas que dificultam o cruzamento das variáveis qualitativas dos corpos d'água, dificultando as análises diretas de novas variáveis e a elaboração de indicadores ambientais.

A conversão dos dados para o banco de dados obedeceu a metodologia citada. Sendo também elaborado um formulário para entrada de dados manuais, para a digitação das futuras novas coletas de amostras de água. Como pode-se observar na Figura 30.

5.4. Caracterização da área de estudo

5.4.1. Localização

A sub-bacia hidrográfica do ribeirão das Cruzes esta localizada na cidade de Araraquara/SP, representa uma sub-divisão da bacia hidrográfica Tietê-Jacaré, que segundo IPT (2000), tem área aproximada de 1.006 km², onde 77 Km² da área total tem ocupação urbana.

O município de Araraquara esta localizado a noroeste do estado de São Paulo Figura 13, com seus 194.401 habitantes segundo censo de 2004 do Instituto Brasileiro de Geografia

e Estatística (IBGE). O município é abastecido por três sistemas de captação superficial e doze sistemas de captação subterrânea, atingindo assim um montante total de captação diária na ordem de 70.250 m³ (DAAE, 2005).

A bacia hidrográfica Tietê Jacaré, encontra-se localizada a área de estudo, é definida na lei 9.034/94 como a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 13 (UGRHI-13) e localiza-se na porção central do estado de São Paulo apresentando como principal via de acesso a partir da Capital do Estado a rodovia Washington Luiz (SP-310) (IPT, 2000), como podemos visualizar na Figura 13.

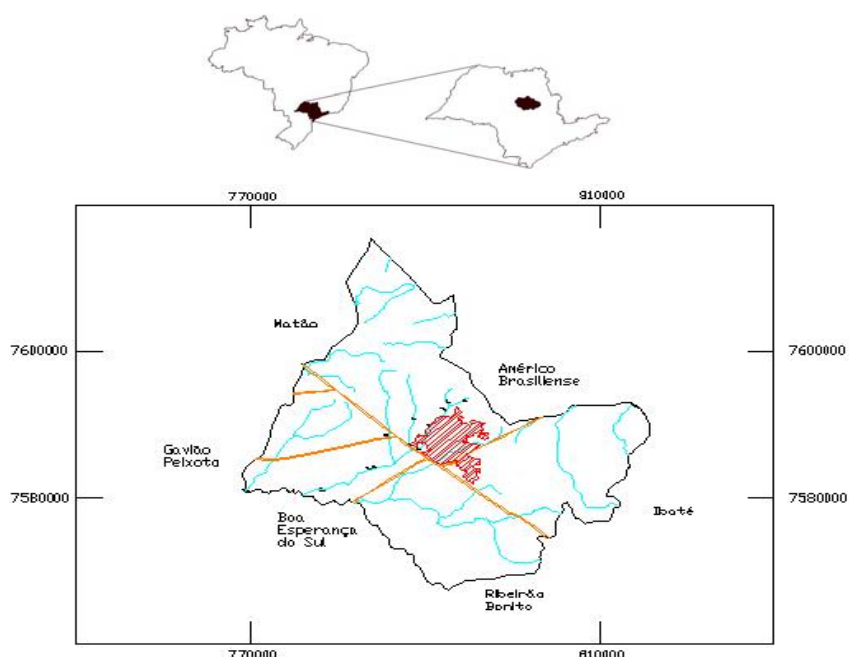


Figura 14 - Localização do município de Araraquara no mapa estadual e federal
Fonte: Macedo (2007).

5.4.2. Clima

Com base na classificação climática proposta por Köeppen, existe na bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré dois tipos climáticos, com domínio do tipo CWA e pequenas áreas de ocorrência de CWB (IPT, 2000).

- O clima CWA é quente e úmido, com inverno seco. Apresenta no mês mais seco chuvas inferiores a 30 mm; temperaturas médias superiores a 22 °C no mês mais quente, e temperaturas menores que 18°C no mês mais frio;
- CWB tem característica de clima temperado úmido, com períodos secos. Os totais de chuvas nos meses mais secos são menores que 30 mm; a temperatura média no mês mais quente é inferior a 22°C, e no mês mais frio é inferior a 18°C.

Segundo o IPT (2000), analisando a variabilidade espacial das chuvas, no período de 1971 – 1993 identificou-se três grandes conjuntos para a bacia hidrográfica Tietê-Jacaré. O primeiro com chuvas médias anuais superiores a 2.000 mm; o segundo com médias anuais entre 1.500 e 2.000 mm; e o terceiro com chuvas anuais entre 1.100 e 1.500 mm. O município de Araraquara está inserido no segundo conjunto.

Também observa-se na bacia um comportamento de distribuição das chuvas, com valores que variam em torno de 1.200 a 1.600 mm, sendo os maiores valores registrados na região de São Carlos, pela influência do relevo (*cuestas*), e os menores no entorno de Pederneiras. Segundo dados do IPT (2000) Araraquara apresenta uma média anual de 1.300 mm de chuva.

Na Bacia do Tietê-Jacaré, como na maior parte do estado, o período chuvoso ocorre de outubro a março, sendo o trimestre mais chuvoso de dezembro a fevereiro. O período mais seco vai de abril a setembro, com o trimestre mais seco entre junho e agosto.

Quanto à temperatura, estas são condicionadas pela altitude e latitude de cada lugar. No estado de São Paulo, as temperaturas diminuem de norte/noroeste para sul/sudoeste, sendo mais baixas nas porções serranas e aumentam em direção a baixada litorânea (IPT, 2000).

Assim, na Bacia do Tietê-Jacaré as temperaturas médias anuais variam de 21 a 23°C; as médias máximas em janeiro situam-se entre 29 a 32°C; e a média das mínimas em julho de 11 a 13°C. Na porção da Serra de São Carlos, as temperaturas são mais baixas, ficando entre 1 e 2 °C abaixo da média da Bacia, tanto para os valores de máximas como para os de mínimas (IPT, 2000).

Araraquara, especificamente, possui um clima "Tropical de Altitude" CWA pela classificação Köppen, caracterizado por duas estações bem definidas: um verão com temperaturas altas (média de 31° C) e pluviosidade elevada e um inverno de temperaturas amenas e pluviosidade reduzida (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2006).

5.4.3. Geologia

A cidade de Araraquara está situada numa área integrante do planalto Ocidental, planalto arenítico-basáltico, formado pelos derrames de lavas processadas durante o triássico ou jurássico com camadas intercaladas de arenitos do mesozóico. Como consequência da estrutura geológica, o relevo é levemente ondulado. A topografia se apresenta com

características tabulares, pouco onduladas, aplainadas pelo trabalho da rede hidrográfica, comandada pelo Rio Mogi-Guaçu e cursos d'água da bacia do Rio Tietê (UNIARA, 2007).

5.4.4. Vegetação

A vegetação primária do município era de floresta Latifoliada Tropical que apresentava diversas espécies como a peroba, o pau d'alho, a figueira branca, vegetação característica das áreas de solos Latosol Roxo. Também registra a presença do cerrado em grande parte do município (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2006).

5.4.5. Uso e ocupação do solo

Com características agrícolas voltadas a monocultura, principalmente as culturas de cana-de-açúcar e laranja, é uma região muito promissora em vários segmentos agro-industriais.

Valores representativos também estão na cultura de soja, milho, amendoim e os cítricos, tangerina e limão. O relevo do município apresenta topografia com características tubulares, pouco onduladas, o que facilita a mecanização da agricultura. Os solos apresentam diferenças de qualidade quanto à área de ocorrência, destacando-se os arenitos fertilizados (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2006).

Araraquara tem na sua base econômica a laranja, sendo responsável pela exportação de 70% do suco concentrado do país, e a cana, com três usinas no município e 15 na região e uma produção de 25 milhões de toneladas de cana anualmente num raio de 80 Km (PREFEITURA DE ARARAQUARA, 2006).

5.4.6. Caracterização Hidrográfica

A rede hidrográfica do município de Araraquara está inserida em duas das vinte e duas unidades de gestão de recursos hídricos de planejamento do Comitê de Bacias: UGRHI-Tietê-Jacaré e UGRHI-Mogi-Guaçu, sendo que, 658,3 Km² da área do município situa-se na Bacia do Tietê-Jacaré (65% do território) e 352,0 Km² encontra-se na Bacia do Rio Mogi-Guaçu (35%). (Uniara, 2005).

Desembocam no Rio Jacaré-Guaçu, afluente do Rio Tietê, vários corpos d'águas de relevância na porção leste do Município. Destes, merecem destaque o Ribeirão das Cruzes e Ribeirão Água dos Paióis, mananciais superficiais de abastecimento de Araraquara; Córrego do Ouro, que atravessa parte da cidade de Araraquara; Córrego do Chibarro, no qual se encontra a Usina Hidrelétrica de Chibarro; o Rio Itaquerê, que faz limite com o município de

Matão, entre outros. Cabe destacar que da nascente a foz, o Ribeirão das Cruzes e do Ouro estão totalmente contidos na área do Município.

Segundo dados do Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara, são extraídos dos mananciais superficiais (Anhumas, Cruzes e Paiol) cerca de 34.650 m³ (cerca de 49% da captação e abastecimento total) de água por dia. A captação subterrânea é realizada em 12 poços subterrâneos com extração diária de 35.598 m³ de água por dia (cerca de 51% da captação e abastecimento total).

Segundo Marques (2002), muitos dos cursos d'água do município de Araraquara por atravessarem uma região de planalto, apresentam corredeiras, saltos e cachoeiras, formadas em rocha basáltica, mais resistente a erosão.

5.4.7. Pontos de Coleta

Os pontos de coleta utilizadas são aqueles monitorados pelo laboratório de química e microbiologia do Departamento Autônomo de Água e Esgoto de Araraquara (DAAE).

O critério de escolha destes pontos deu-se em função do histórico já constituído contribui para discussão técnico-científica sobre a complexidade dos sistemas de informações em recursos hídricos em uma escala regional.

A seguir serão apresentados os pontos de coleta descritos em Macedo (2007). Nas Figuras de 15 a 27 podê-se observar os pontos de coleta de amostras, com seus respectivos comentários a respeito das características do local.

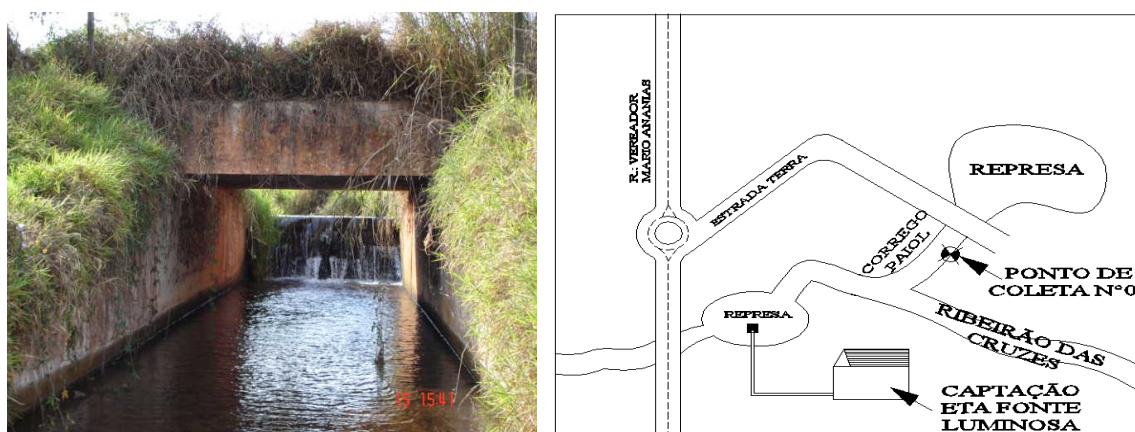


Figura 15 -- Caracterização e localização do ponto 1 no córrego Paiol.

Fonte: Macedo (2007).

No ponto 1 encontra-se a 150 metros à jusante da represa do Pesque-Pague 3 Irmãos no Córrego Paiol com altitude de 642,6 m, localizada nas coordenadas UTM: 22-K-0792711-7592811. O ponto encontra-se canalizado em a presença de mata galeria.

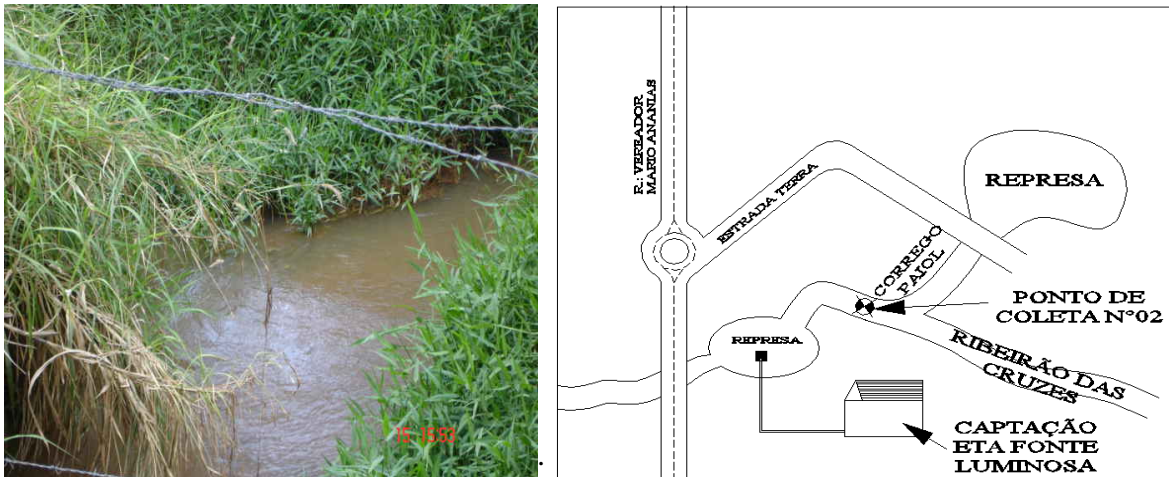


Figura 16 - Caracterização e localização do ponto 2 no ribeirão da Cruzes

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 2 está a uma distância de 200 metros da estação 01 no ribeirão das Cruzes, a sua altitude é de 640,9 m com localização UTM: 22-K-0792673- 7592636.



Figura 17 - Caracterização e localização do ponto 3 no ribeirão das Cruzes.

Fonte: Macedo (2007).

No ponto 3 encontra-se a nascente do ribeirão das Cruzes sendo seu acesso pela Rua Maurício Galli, chegando à rotatória com a Avenida Pablo Picasso. Localização de grande influência urbana e áreas de pastagens, onde está a altitude de 656,9 m e localizado UTM: 22-K-0794357-7593400

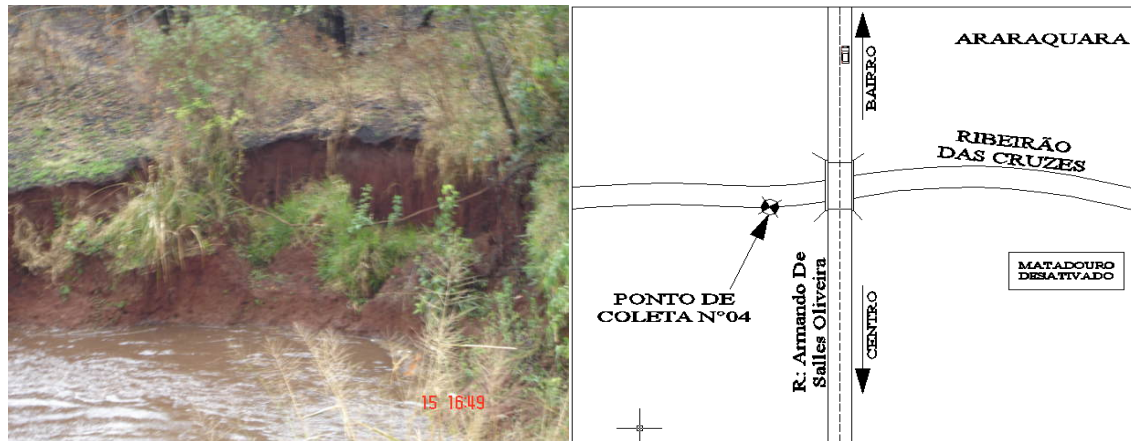


Figura 18 - Caracterização e localização do ponto 4 no ribeirão das Cruzes

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 4 está a jusante do antigo matadouro municipal onde suas margens sofre com constantes erosões principalmente em períodos de alto índice pluviométrico. Apresenta notável interferência antrópica e as margens do córrego no local apresentam resquícios de vegetação arbórea visualmente impactada. Está a uma altitude de 623,9 m e localizado nas coordenadas UTM: 22-K-0790452 - 7589955.

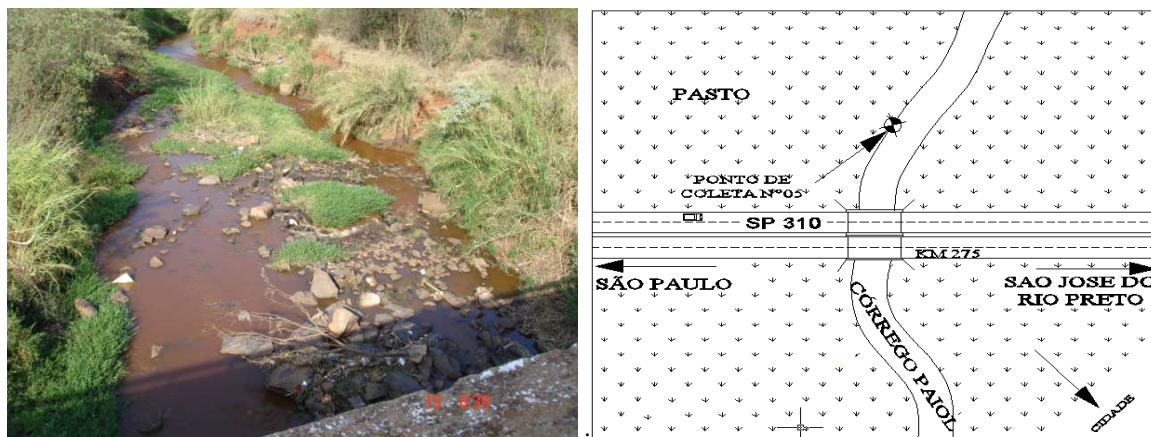


Figura 19 - Caracterização e localização do ponto 5 no ribeirão das Cruzes

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 5 está sob a ponte da rodovia SP 310, no quilometro 275 no sentido Araraquara/São Paulo, sendo um ponto de alto índice de erosão de suas margens e assoreamento de seu leito com altitude de 598,1 m e localização UTM: 22-K-0788941-7586864.



Figura 20 - Caracterização e localização do ponto 6 no córrego Paíol

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 6 localiza-se a jusante do reservatório da captação da ETA – Estação de Tratamento de Água. A área sofre grande interferência antrópica através da canalização do corpo d'água na área da ETA. A vegetação predominante na área é a pastagem, com altitude de 623,4 m e localização UTM: 22-K-0788645-7590929.



Figura 21 - Caracterização e localização do ponto 7 no córrego Paíol

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 7 localiza-se na margem direita e a montante da ponte da Rodovia SP 310 no Km 276 no sentido Araraquara/São José do Rio Preto. As margens do córrego neste ponto apresentam vegetação natural e a interferência antrópica neste ponto consiste basicamente na presença da rodovia. Não há indícios de erosão na área. O local apresenta altitude de 591,1 m e localização UTM: 22-K-0788339-7558747.

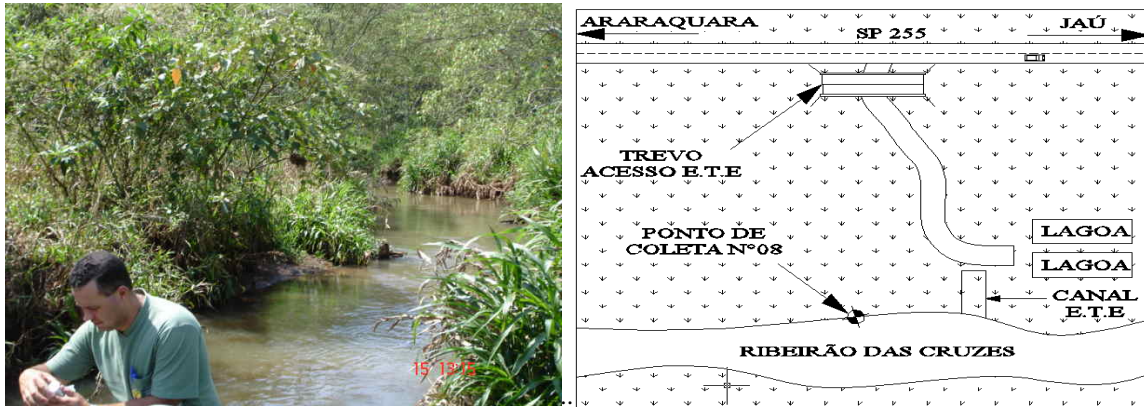


Figura 22 -- Caracterização e localização do ponto 8 no ribeirão das Cruzes

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 8 está a montante do lançamento da ETE - Estação de Tratamento de Esgoto de Araraquara. Sua margem constitui-se de mata ciliar, sendo que, não há indícios de erosão nas proximidades. Esta estação está a uma altitude de 489,2 m e localizada UTM: 22-K-0784044 - 7584294.

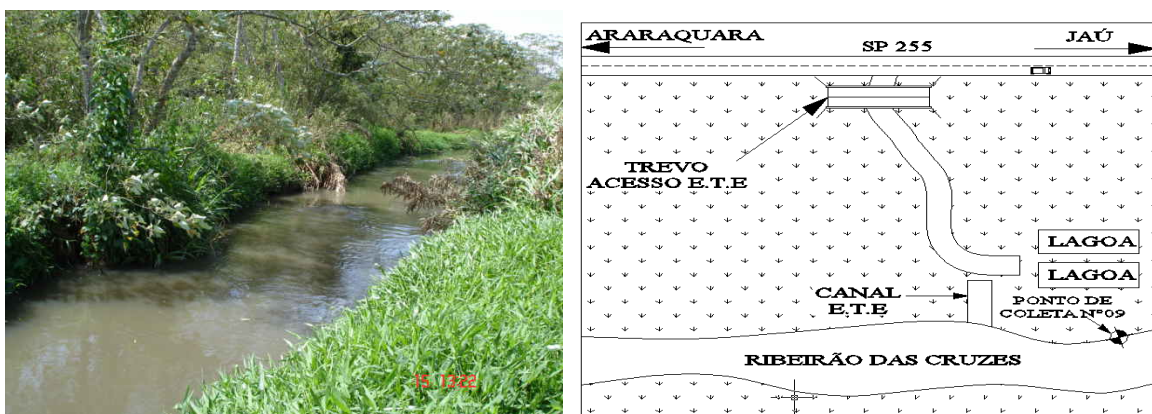


Figura 23 - Caracterização e localização do ponto 9 no ribeirão da Cruzes

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 9 está a jusante do lançamento da ETE - Estação de Tratamento de Esgoto de Araraquara, portanto, sofre grande influência dos efluentes despejados. Sua margem direita é constituída de mata ciliar e a margem esquerda predominantemente de pastagem. Esta estação está a uma altitude de 492,8 m e localizada UTM: 22-K-0783951-7584265.

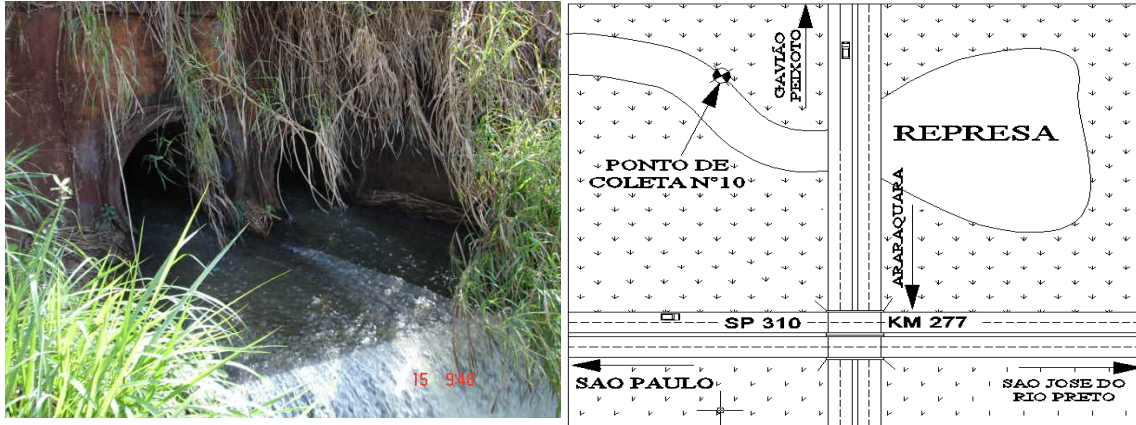


Figura 24 - Caracterização e localização do ponto 10 no córrego Lagedo.

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 10 localiza-se a jusante do represamento do córrego Lagedo e à margem esquerda da via de acesso Araraquara/Gavião Peixoto à 2 Km da rodovia SP 310. O córrego encontra-se canalizado no local que corta a via de acesso e posteriormente cercado de plantação de cana de açúcar. No local pode-se observar a presença de plantas aquáticas no leito do córrego. Está a uma altitude de 587,8 m e localizada UTM: 22-K-0785751-7588360.

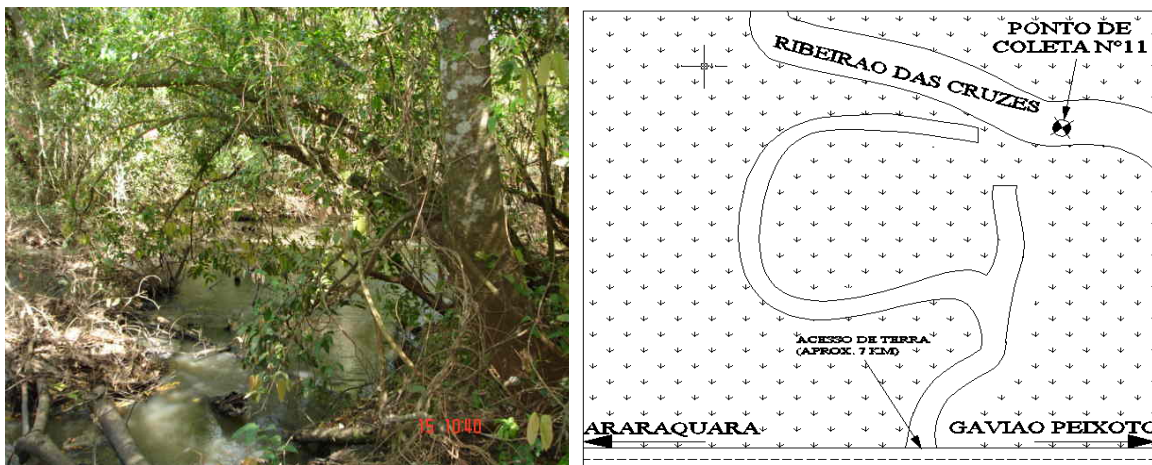


Figura 25 - Caracterização e localização do ponto 11 no ribeirão as Cruzes.

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 11 está localizada na área rural a 17 Km. da estação 10, sendo seu maior trecho de acesso por estradas de terra. Suas margens são cobertas de mata ciliares, porém, com plantações de laranja em sua redondeza. Não há erosão na área e a interferência antrópica restringe-se a prática da agricultura. Está a uma altitude de 487,4 m e localizada UTM: 22-K-0777884-7581398.

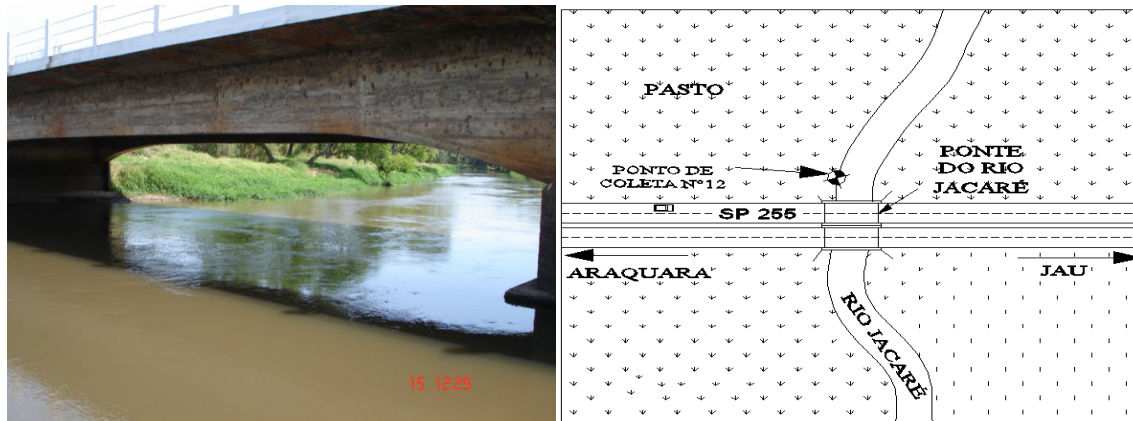


Figura 26 - Caracterização e localização do ponto 12 no rio Jacaré-Guaçu.

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 12 encontra-se no Rio Jacaré-Guaçu sob a ponte da rodovia SP 255 sentido Araraquara/Jaú à 12 Km da SP 310. Esta estação caracteriza o monitoramento a montante da foz do ribeirão das Cruzes. A vegetação predominante na margem da coleta é a pastagem e na margem oposta nota-se a existência de vegetação arbórea. Localiza-se a uma altitude de 479,2 m e coordenadas UTM: 22-K-0781524-7579432.

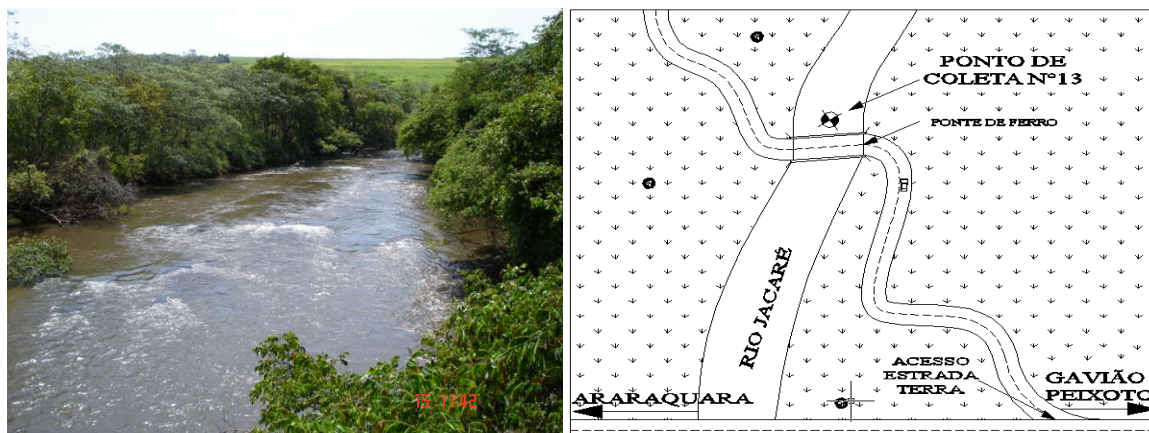


Figura 27 - Caracterização e localização do ponto 13 no rio Jacaré-Guaçu

Fonte: Macedo (2007).

O ponto 13 caracteriza o monitoramento a jusante da foz do ribeirão das Cruzes sendo seu acesso a 26 km da rodovia SP 310 pela via de acesso Araraquara/Gavião Peixoto. Local está protegido por matas ciliares, mas com grande influência de plantações de cana de açúcar. A uma altitude de 461,4 m e localização UTM: 22-K-0763326-7582162.

5.4.8. Base de dados

Os dados de qualidade de água para a sub-bacia do ribeirão das Cruzes foram cedidos pelo laboratório do DAAE. O período analisado foi de 2002 a 2005 ao longo de 13 pontos, onde ocorreram amostragens bimestralmente.

Foram trabalhadas as seguintes variáveis: DBO, DQO, potencial hidrogeniônico - pH e coliformes fecal e total.

Segundo o DAAE todas as análises de monitoramento são realizadas em seu laboratório com exceção da temperatura da amostra e do ambiente, onde são seguidos os critérios analíticos e amostrais conforme do Standard Methods (APHA 1998).

6. RESULTADOS

O principal resultado obtido como produto do trabalho de coleta e refinamentos dos dados e da modelagem destes em classes georreferenciadas e convencionais foi a elaboração do banco de dados geográfico. Esta ferramenta tem potencial para subsidiar o processo de gestão integrada de recursos hídricos, tendo como modelo a sub-bacia do ribeirão das Cruzes no município de Araraquara.

Para tanto foi necessário proceder a migração dos dados que se encontravam em outro *software* e com outro tipo de organização que não facilitavam a manipulação e análise dos dados. Isto gerou a necessidade de definição da plataforma computacional a ser aplicada no projeto físico do banco de dados. A plataforma escolhida em função da disponibilidade, custos, facilidade de manipulação e comunicação com os demais *softwares*, foi o Microsoft Access.

Com a aplicação deste SGBD pode-se consultar a exata localização dos pontos de amostragem de água do ribeirão das Cruzes, como pode ser observado na Figura 29, assim como, levantar os resultados das diferentes análises físico-químicas realizadas para cada ponto.

Para uma melhor compreensão do comportamento das variáveis ambientais obtidas na bacia do ribeirão das Cruzes é necessário analisar os seus afluentes, para isto um dos pontos fixos de coleta, o ponto 6, encontra-se no córrego Paiol, que pode-se visualizar na Figura 28.

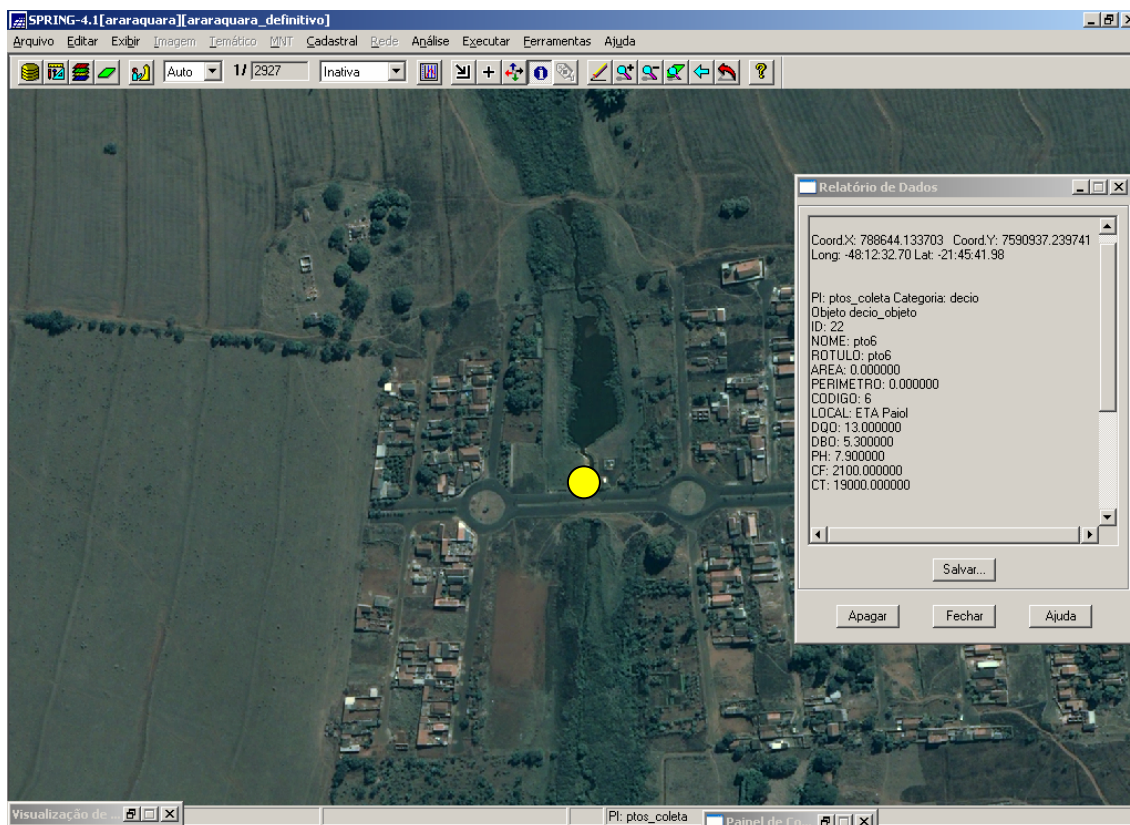


Figura 28 - Ponto 6 - córrego Paiol

A aplicação do framework UML-GeoFrame possibilitou uma melhor definição dos relacionamentos espaciais e convencionais entre as diversas classes, por exemplo: bairros, cidade, rios, pontos de coleta, entre outros. Esta concepção do sistema possibilitou uma nova visão das relações entre os objetos da vida real, o que gerou uma modelagem do banco de dados mais fiel e representativa da realidade espacial.

Toda modelagem de banco de dados pressupõe que sejam consideradas regras de restrições de integridade dos dados para garantir a qualidade e segurança das informações, são estas restrições que garantem, por exemplo, que uma chave primária não irá identificar dois registros distintos no mesmo banco de dados (DATE, 2004).

O framework UML-GeoFrame possibilita observar as restrições de integridade espacial, este recurso garante que, por exemplo, um lote de um loteamento, não irá ocupar o mesmo espaço de um lago ou que um posto de gasolina seja autorizado a instalar-se a menos de 100 metros de uma escola (KÖSTERS, 1997).

Este tipo de análise pode ser obtida facilmente utilizando os recursos da linguagem estruturada de pesquisa – SQL, como pode-se observar nos exemplos a seguir.

```
SELECT MAX(DBO) AS [Maior valor DBO encontrado]
FROM Tabela2;

SELECT (Datacoleta), (Pontocoleta)
FROM Tabela2
WHERE (((Tabela2.ColiformeFecal)=2));
```

Ainda com os recursos da SQL podemos elaborar cruzamentos de variáveis de outros bancos de dados que os usuários possam vir a disponibilizar, guardando as restrições de relacionamentos entre as tabelas.

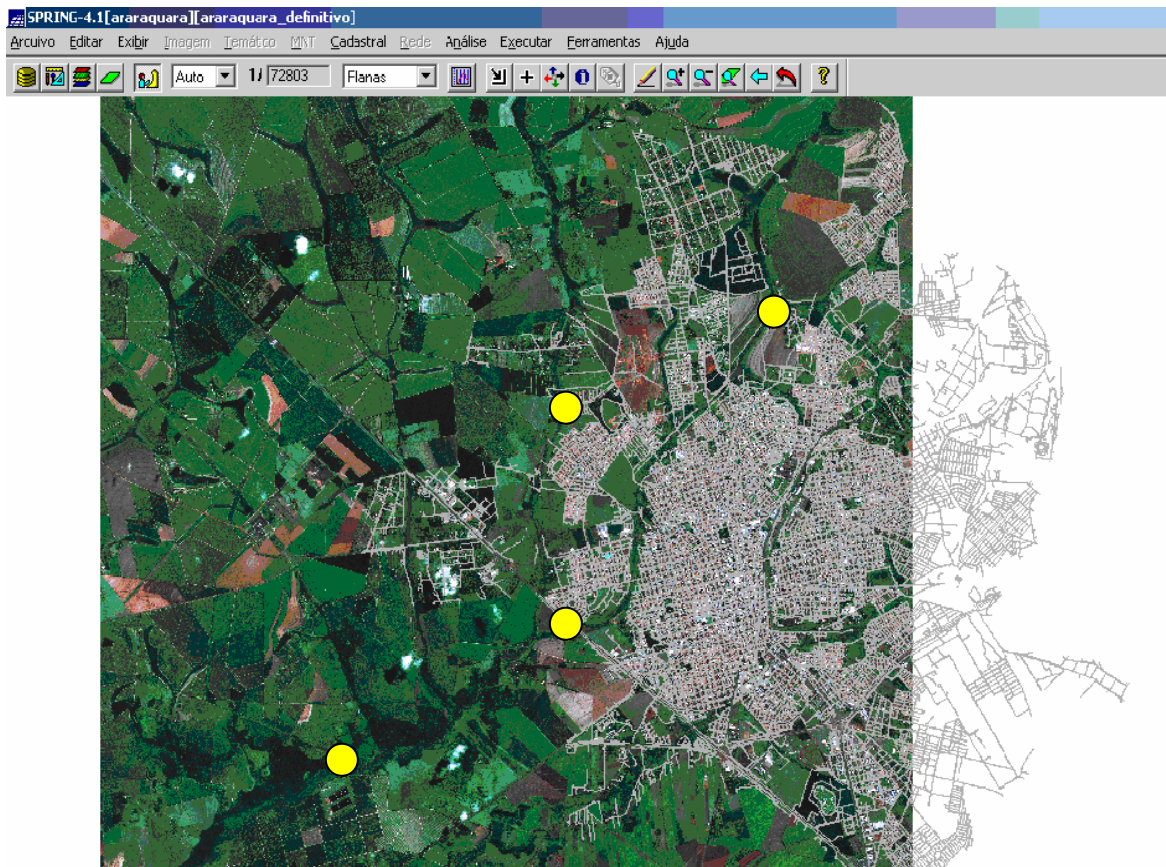


Figura 29 - Pontos de Coleta sobre a planta viária de Araraquara

Além da conversão dos dados fornecidos pelo DAAE em planilhas eletrônicas para o formato do banco de dados Microsoft Access, foi elaborado um formulário para as futuras coletas serem incluídas diretamente no banco, conforme Figura 30, o que implicará em ganho de tempo, redução de trabalhos e da margem de erro inerente à fase de digitação dos

dados. Como pode-se observar na Figura 30, as variáveis ambientais ao serem incluídas no banco estão relacionadas à data e o ponto de coleta onde foram obtidas, isto possibilita a análise espacial e temporal. Este relacionamento permite o cruzamento dessas variáveis, produzindo novas informações que possibilitem novas análises ambientais.

Data coleta	<input type="text" value="7/5/2003"/>	Nitrito (mg/L)	<input type="text" value="0,017"/>	Chuva - 24 h	<input checked="" type="checkbox"/> SIM / NÃO
Ponto Coleta	<input type="text" value="4"/>	Nitrato (mg/L)	<input type="text" value="0,252"/>	Hora coleta	<input type="text" value="09:40"/>
DQO	<input type="text" value="2"/>	Amônio (mg/L)	<input type="text" value="0,06"/>	Coliformes Fecais (NMP/100mL)	<input type="text" value="6"/>
DBO	<input type="text" value="0"/>	OD (mg/L)	<input type="text" value="5,6"/>	Coliformes Totais (NMP/100mL)	<input type="text" value="41"/>
Remoção de DQO (%)	<input type="text" value="0"/>	Turbidez (NTU)	<input type="text" value="45"/>		
Remoção de DBO (%)	<input type="text" value="0"/>	Cor (Hz)	<input type="text" value="74"/>		
pH (no laboratório)	<input type="text" value="7,14"/>	Subst Solúveis em Hexano	<input type="text" value="10"/>		
condutividade (us/cm)	<input type="text" value="0"/>	Temp Ambiente (0C)	<input type="text" value="19"/>		
Sol Sedim 60' (mL/L)	<input type="text" value="0"/>	Temp Amostra (0C)	<input type="text" value="20"/>		
Fósforo (mg/L)	<input type="text" value="0"/>	Nitrogênio Total Kjeldahl (mg N/L)	<input type="text" value="0"/>		

Figura 30 - Formulário para entrada de dados de futuras coletas

Os resultados obtidos ao longo do período indicam pontos de máximos e mínimos valores que podem requerer a intervenção humana para sua adequação. O SGBD possibilita a elaboração de relatórios de diversas formas e conteúdo, com informações ordenadas e classificadas segundo as necessidades e interesses dos gestores. A Figura 31 mostra como esses resultados podem ser apresentados e analisados de forma geral envolvendo diversas variáveis ambientais ao longo de todo período em que foram realizadas as coletas de amostras pelo DAAE nos vários pontos fixos de coleta.

MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

Relatório Geral das Variáveis Ambientais

Ponto de coleta		1				
LOCALIZAÇÃO Ribeirão das Cruzes - jusante do pesque-pague 3 Irmãs (escada d'água)						
Data coleta	DQO	DBO	pH	Coliforme Total	Coliforme Fecal	
15/10/2002	4	2	6,72	9,20E+03	1,00E+01	
16/7/2003	25,7		6,8	2,10E+03	2,00E+01	
10/9/2003	46	3	6,4	1,30E+03	1,10E+02	
12/11/2003	9	1	7,2	6,20E+03	2,10E+01	
9/2/2004	12	1	6,7	2,90E+03	2,20E+02	
17/3/2004	9	2	6,6	3,20E+03	3,00E+02	
12/5/2004	5	1	7	1,30E+04	4,00E+02	
14/7/2004	10	2	7,2	9,80E+03	3,90E+03	
22/9/2004	12	1	6,9	1,20E+04	2,00E+02	
23/11/2004	16	1	7,9	1,20E+04	1,40E+03	
6/4/2005	3	1	7,3	1,70E+04	1,10E+03	
8/6/2005	20	2	6,8	1,00E+04	2,00E+02	
15/8/2005	35	2	7,4	1,20E+04	9,00E+02	
Média	15,9	1,58333	6,99384	8,52E+03	6,75E+02	
Mín	3	1	6,4	1,30E+03	1,00E+01	
Máx	46	3	7,9	1,70E+04	3,90E+03	
Desvio Padrão	12,3130	0,64009	0,38409	4733,0013	1024,7030	

Ponto de coleta		2				
LOCALIZAÇÃO Ribeirão das Cruzes - ponte a jusante da barra						
Data coleta	DQO	DBO	pH	Coliforme Total	Coliforme Fecal	
15/10/2002	4	2	6,81	2,00E+04	1,90E+02	

quarta-feira, 10 de outubro de 2007

Página 1 de 11

Figura 31 - Relatório Geral das Variáveis Ambientais

Pode ainda ser conveniente fixar um determinado período para analisar o comportamento das variáveis em um intervalo de tempo, como pode-se observar na Figura 32,

MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

Relatório Anual das Variáveis Ambientais

Ponto de Coleta		1				
LOCALIZAÇÃO: Ribeirão das Cruzes - jusante do pesque-pague 3 Irmãs						
Data coleta	DQO	DBO	pH	Coliforme Total	Coliforme Fecal	
9/2/2004	12	1	6,7	2,90E+03	2,20E+02	
17/3/2004	9	2	6,6	3,20E+03	3,00E+02	
12/5/2004	5	1	7	1,30E+04	4,00E+02	
14/7/2004	10	2	7,2	9,80E+03	3,90E+03	
22/9/2004	12	1	6,9	1,20E+04	2,00E+02	
23/11/2004	16	1	7,9	1,20E+04	1,40E+03	
Resumo para 'Pontocoleta' = 1 (6 registros de detalhe)						
Média	10,6666	1,33333	7,05	8,82E+03	1,07E+03	
Mín	5	1	6,6	2,90E+03	2,00E+02	
Máx	16	2	7,9	1,30E+04	3,90E+03	
Ponto de Coleta		2				
LOCALIZAÇÃO: Ribeirão das Cruzes - ponte a jusante da barra						
Data coleta	DQO	DBO	pH	Coliforme Total	Coliforme Fecal	
9/2/2004	1	1	6,8	1,60E+04	4,30E+03	
17/3/2004	29	2,5	6,7	6,70E+04	9,00E+03	
12/5/2004	9	1	7	5,80E+04	1,40E+04	
14/7/2004	19	2	6,8	4,30E+04	2,00E+03	
22/9/2004	10	1	6,7	1,50E+04	6,00E+02	
23/11/2004	15	1	7,4	1,70E+04	1,50E+03	
Resumo para 'Pontocoleta' = 2 (6 registros de detalhe)						
Média	13,8333	1,41666	6,9	3,60E+04	5,23E+03	
Mín	1	1	6,7	1,50E+04	6,00E+02	
Máx	29	2,5	7,4	6,70E+04	1,40E+04	
Ponto de Coleta		3				

sábado, 15 de setembro de 2007

Página 1 de 7

Figura 32 - Relatório Anual de Variáveis Ambientais

as possibilidades de cruzamentos e análise das variáveis ambientais é bastante grande como se pode observar na Figura 33, a relação das consultas à base de dados.

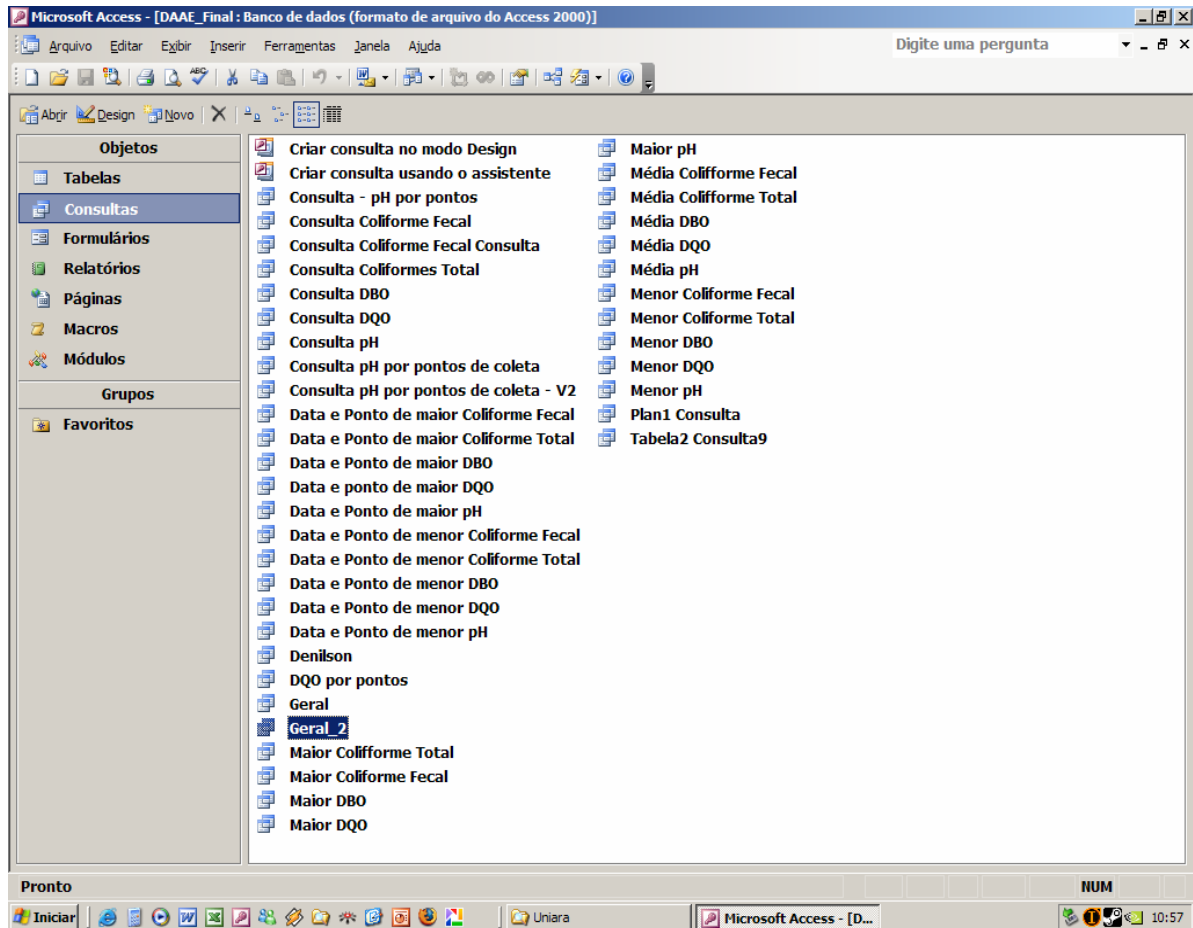


Figura 33 - Relação de consultas à base de dados

Com as informações obtidas através dos relatórios e consultas pode-se elaborar tabelas com coleções parciais dos dados para exibir através de gráficos como o exemplo da Figura 34, apresentando os valores de DQO obtidos nos pontos ao longo do período de coleta.

Como pode-se também associar conjuntos de variáveis deste banco de dados com outras base de dados de outras instituições, por exemplo, o cruzamento dessas variáveis ambientais com a base de dados do município sobre o uso e ocupação do solo, de onde pode-se obter informações sobre “o que” ou “quem” causou determinado tipo de poluição.

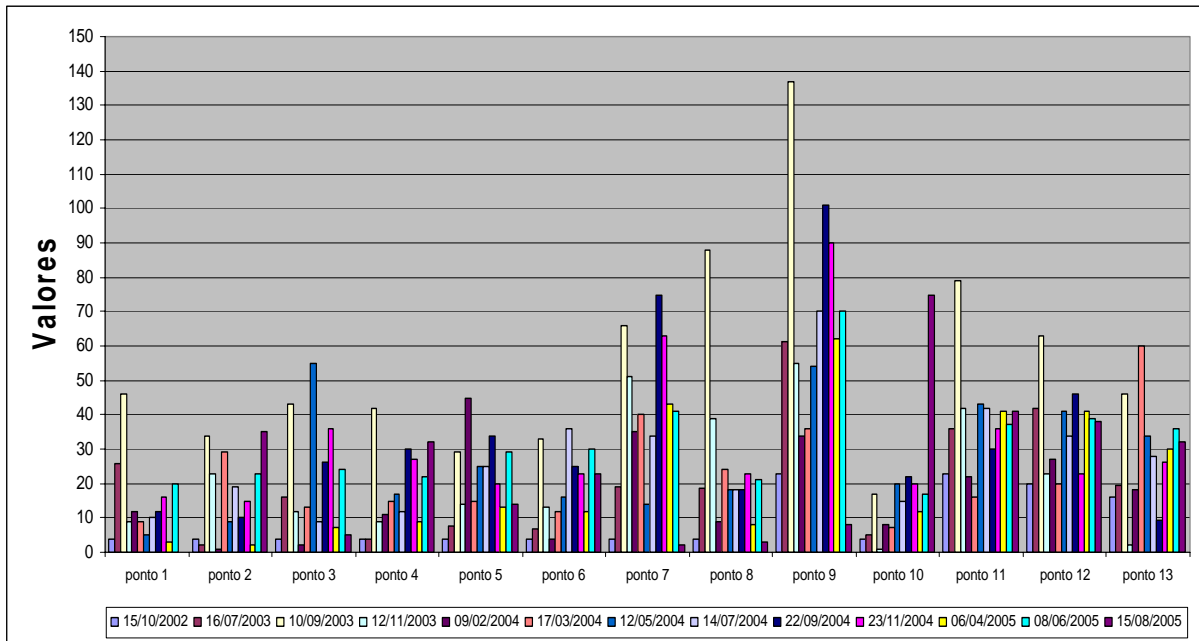


Figura 34 - Demanda Química de Oxigênio - DQO

A Figura 34, mostra que o maior valor de DQO foi obtido no ponto 9, no dia 10/09/2003, isto já indica que houve um grande aumento da demanda química de oxigênio, porém quando associa-se esta informação à Figura 35, que exibe a posição geográfica do ponto de coleta 9 em relação ao município, outras conclusões podem ser obtidas, como vê-se na Figura 35, o ponto de coleta 9, encontra-se a jusante do efluente da estação de tratamento de esgoto (ETE) Araraquara.

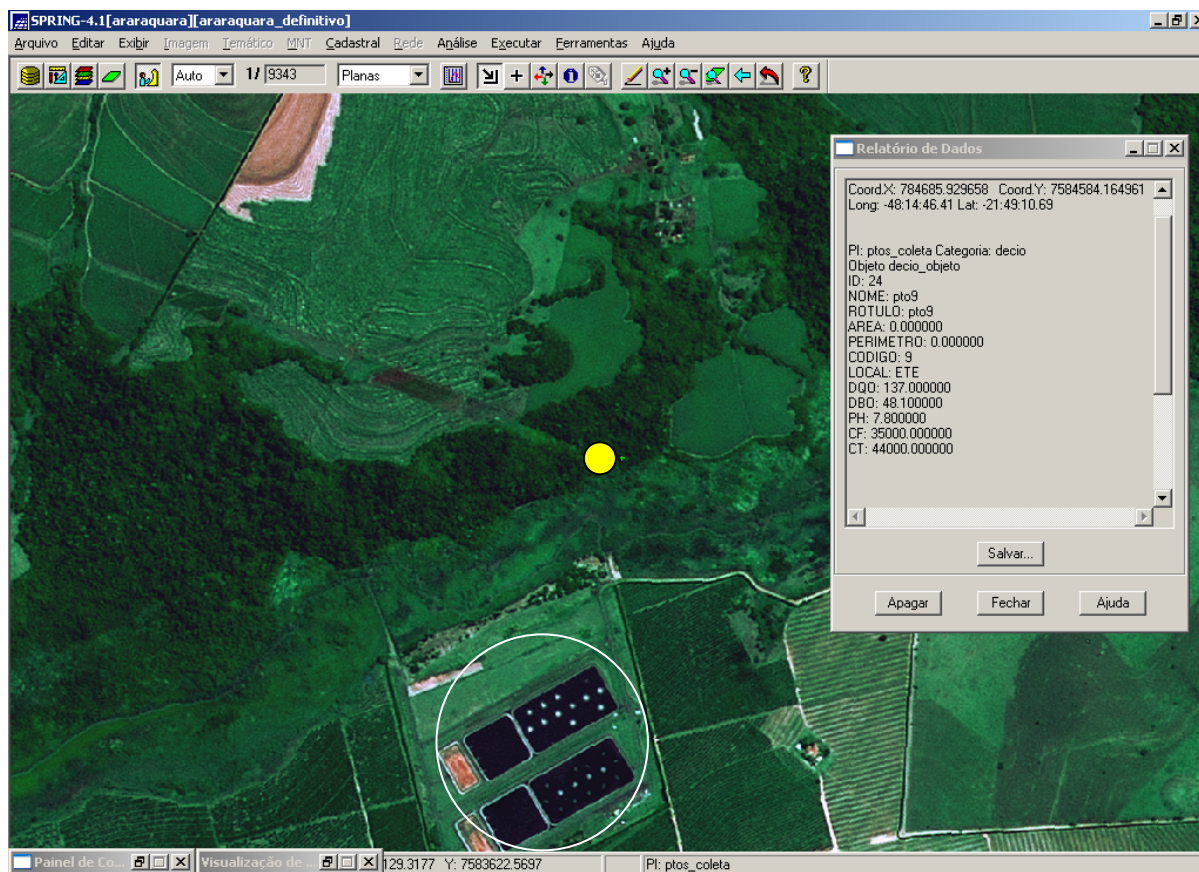


Figura 35 - Localização do Ponto 9 e ETE – Araraquara (em destaque)

As análises feitas partir desses dados mostram que, as imagens permitem uma ampla visualização das relações espaciais de todos os elementos possibilitando a distinção dos dados geográficos e convencionais. Outra variável acompanhada nas pesquisas foi a Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, que também teve seu maior valor obtido no ponto de coleta 9 em 16/07/2003, como pode-se observar na Figura 36.

O fato desse valor ter sido obtido em uma única amostragem sem repetição de novas ocorrências ao longo do tempo em que foram realizadas as amostras, permite concluir que essa ocorrência foi pontual, sem que valores próximos fossem obtidos em todo o universo amostral.

A variável coliforme fecal no ponto 7 em 12/11/2003 atinge $1,10E+06$, o maior valor entre todas as amostras e a Figura 36 corrobora com o evento ao constatar que os valores obtidos no ponto 7 na mesma data, apresentam os maiores valores de Coliformes Totais.

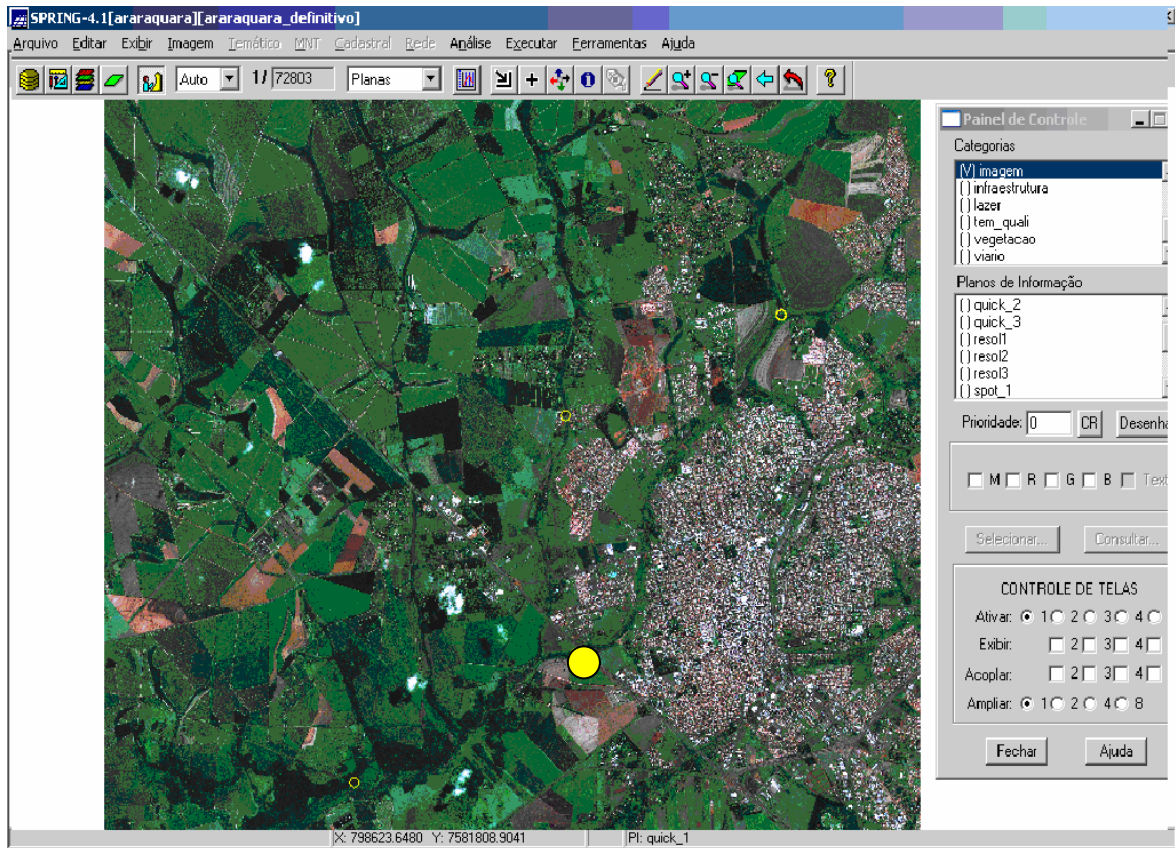


Figura 36 - Localização do ponto 7, próximo a Rod. Washington Luiz

O ponto 7, conforme a Figura 36 permite observar é o ponto mais próximo a Rodovia SP 310 (Km 276), esta informação serve apenas como referência para localização geográfica do ponto de coleta uma vez que a rodovia não é considerada uma fonte poluidora em potencial, a não ser pelo risco de acidentes com derramamento de óleos ou outros poluentes.

Pode-se observar que para cada necessidade de informação uma análise diferente pode ser realizada, bastando para isto que os dados sejam trabalhados via SQL e a seguir transferidos para gráficos e tabelas em função das possibilidades de acesso dos usuários das informações. Partindo de um banco de dados várias análises podem ser obtidas, atendendo as mais diversas necessidades dos gestores das entidades envolvidas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstra a importância e a necessidade da modelagem de um banco de dados geográficos para a elaboração de um sistema de informações geográficas que dará subsídios à tomada de decisões por parte dos gestores das entidades responsáveis pela qualidade da água no município de Araraquara.

Como apresentado, o banco de dados não se limita ao cruzamento das variáveis armazenadas, mas permite também a associação deste com outras bases de dados de várias outras instituições. A dificuldade para realizar tal processo encontra-se em determinar um campo comum as duas bases de dados, um campo de relacionamento, conhecidos como chave primária. Para esse banco de dados o campo que melhor presta a esta finalidade é o campo GeoId, determinado pela sua posição na superfície terrestre através de seus componentes básicos: Altitude, Latitude e Longitude, obtidas no modelo internacional, UTM.

Esse padrão possibilita que diversos outros bancos de dados possam ser referenciado geograficamente e assim possam se relacionar entre si e com diversas bases de dados, com por exemplo: CETESB, IBGE, entre outros.

Essas combinações de variáveis ambientais viabilizam a elaboração de indicadores ambientais, que irão servir de referência para várias análises qualitativas, quantitativas, o que irá aumentar a probabilidade de sucesso das decisões a serem tomadas. Para enriquecer ainda mais essas tomadas de decisões, os sistemas de informações geográficas possibilitam a elaboração de mapas temáticos, como por exemplo, visualizar no mapa da cidade, o ponto e seu entorno, onde foi detectado o maior índice de DQO, ou menor variação do pH.

Alguns resultados desta pesquisa, tais como: a modelagem elaborada usando UML-GeoFrame, as regras de consistência dos dados e as restrições de integridade geográficas possibilitam a modelagem de dados para futuros trabalhos, entre eles o desenvolvimento de sistemas de informações para apoio a gestão integrada de recursos hídricos.

Vale destacar que este trabalho sempre ponderou os valores das propostas elaboradas, sendo a idéia atual de muito baixo custo, pois os *softwares* aqui utilizados são de distribuição gratuita. Fato que possibilita que pequenos municípios e instituições possam adotar tal solução.

A proposta de elaboração de um sistema de informações geográficas que viabilize e dissemine o acesso às informações através de interfaces, consultas e relatórios, devem ser considerados como proposta para futuros trabalhos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERS, R; JORGE, K. D. **Descentralização da gestão da água:** por que os comitês de bacia estão sendo criados? *Ambiente e Sociedade*, nº 2, 2005.

ALMEIDA, C. N. **Modelagem Integrada de Recursos Hídricos com Apoio de um Sistema de Informações Geográficas.** Tese de doutorado. Universidade São Paulo – São Carlos. 2006

BOOCH, G. **UML, Guia do usuário.** Rio de Janeiro: Ed. Campus, 2000.

BORGES, K. A. V. **Modelagem de Dados Geográficos.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de GeoCiências, 2002.

BRESSER P, L. C.. **Da administração Pública Burocrática à Gerencial.** *Revista do Serviço Público*, Ano 47, janeiro-abril 1996.

CÂMARA, G. DAVIS, C. MONTEIRO, A.M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** INPE-10506-RPQ/249. São José dos Campos. 2001.

CÂMARA, G. **Modelos, Linguagens e Arquiteturas para Bancos de Dados Geográficos.** Tese de Doutorado em Computação Aplicada. São José dos Campos, INPE, Dezembro 1995. (disponível em <<http://www.dpi.inpe.br/teses/gilberto>>).

CAMPOS, N., STUDART, T. **Gestão das Águas - princípios e práticas.** Porto Alegre: ABRH, 2003.

CHRISMAN, N. **Exploring Geographic Information Systems.** New York: John Wiley & Sons, 1997.

COSTA, F.J.L. **Estratégias de Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Brasil**, série Água Brasil, vol. 1, Brasília: Banco Mundial, 177 p. 2003.

DATE, C. J., **Introdução a Sistemas de Bancos de Dados.** 1ª edição, Campus, 2004.

DAVIS, C. A.; FONSECA, F. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográficos.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de GeoCiências, 2001.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental nas Empresas.** Ed Atlas, 134p, 1995.

ELMASRI, R. NAVATHE, S. B. **Sistemas de Banco de Dados.** 4ª Edição Menlo Park: Addison-Wesley, 2005.

GLOBAL WATER PARTNERSHIP, **Planejamento para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos - Manual de Capacitação e Guia Operacional.** Março, 2005

GOMES FILHO, A. B. **O Desafio de Implementar uma Gestão Pública Transparente**. X Congresso Internacional del CLAD sobre la Reforma del Estado y de la Administración Publica. Santiago, Chile, 2005.

GRASSO, M., M. P. Tognella, Y. Schaeffer-Novelli et al. **Aplicação de técnicas de avaliação econômica ao ecossistema Manguezal**. Em: Economia Ecológica: aplicações no Brasil (organizador Peter H.May). Editora Campus, 1995.

HEUSER, C.A., **Projeto de Banco de Dados**. 5ª edição, SAGRA-LUZZATTO, 2004.

IPT-INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré**: Relatório final. São Paulo, 2000. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/sigrh/ARQS/RELATORIO/CRH/CBH-TJ/255/rel_tietejacareseg.pdf. Acesso em: 29/11/2005.

KÖSTERS, G., PAGEL, B., SIX, H. **GIS-application development with GeoOOA**. International Journal of Geographical Information Science, 1997.

LISBOA FILHO, J. **Estruturação e Modelagem de Banco de Dados para GIS**. GISBRASIL 2003, COMDEX SUCESSU-SP, 2003.

LISBOA FILHO, J. **Estruturação e Modelagem de Banco de Dados**. GISBRASIL 2001. Curitiba-PN. 2001.

LISBOA FILHO, J. **Modelagem de Banco de Dados Geográficos**. In: LADEIRA, M.; NASCIMENTO, M.E.M. III Escola Regional de Informática do Centro-Oeste. Brasília-DF: SBC - Sociedade Brasileira de Computação, 2000.

LISBOA FILHO, J. **Modelos Conceituais de Dados para Sistemas de Informações Geográficas**. Porto Alegre: CPGCC da UFRGS, 1997.

LISBOA FILHO, J.; C. Iochpe. **Um estudo sobre modelos conceituais de dados para projeto de bancos de dados geográficos**. Informática Pública, 1(2), 1999, 67--90.

LOUCKS, D. P., BEEK, E. **Water Resources Systems Planning and Management: An Introduction to Methods, Models and Applications**. UNESCO, 2005.

MACEDO, M. F. **Avaliação do Sistema de Monitoramento da Sub – bacia do ribeirão das Cruzes e da viabilidade técnica, legal e econômica da aplicação da resolução CONAMA 357/2005**. Dissertação Programa de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA. (2007). 112 p.

MACHADO, C. J. S.; **Recursos hídricos e cidadania no Brasil**: limites, alternativas e desafios. Ambiente & Sociedade, v.6 n.2, Campinas, 2003.

MACHADO, P.A.L.; **Direito Ambiental Brasileiro**, 9ªed., rev., atual. e ampliada. São Paulo: Malheiros Editores, 2001.

MAGALHAES JR., A. **Variáveis e desafios do processo decisório no contexto dos Comitês de Bacia Hidrográfica no Brasil**. Ambiente e sociedade , Campinas, n. 8, 2001.

MILANI, C. R. S. **Políticas públicas locais e participações na Bahia: O dilema gestão versus política**. Sociologias, Porto Alegre, n. 16, 2006.

OLIVEIRA, D. **Sistemas, Organização e Métodos na Abordagem Gerencial**. São Paulo: Ed. Atlas, 1998, 10 ed., p. 50 - 55.

PAGLIS, C. M. **Influencia da tendência dos dados na determinação do melhor semi-variograma para o parâmetro argila, através do Soft GeoR - XII Congresso de P.G. da Ufla -12 a 14 de Novembro de 2004**. In: Congresso de PG da UFLA, 2003, Lavras, 2003.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environmental**. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, 1991.

PEREZ, C. R.; BATISTA, D. C. F.; SALGADO, A. C. **BDGEO: modelagem, implementação e visualização de dados geográficos**. In: GIS BRASIL97, 1997, Curitiba. *Anais...* p.252-262.

PEUQUET, D. J. **An event-based spatiotemporal data model (ESTDM) for temporal analysis of geographical data**. International Journal of Geographical Information Systems, London, v.9, n.1, p.7-24, 1995.

RUMBAUGH, J. **UML Guia do Usuário**. 1ª edição, Campus, 2000.

RUMBAUGH, J., BLAHA, M., PREMERLANI, W., EDDY, F., LORENSEN, W. **Object-Oriented Modeling and Design**. Prentice-Hall, 1991.

RUSCHEL, C. **Extensão do Framework GeoFrame para Processos de Análise Geográfica**. Porto Alegre: PPGC-UFRGS, 2003. Dissertação de Mestrado.

SAMPLE, D.J., HEANEY, J.P., WRIGHT, L.T., KOUSTAS, R., **Geographic Information System, Decision Support System, and Urban Storm-Water Management**. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 127, n. 3, p. 155-161. 2001.

SILBERSCHATZ, A. **Sistema de Banco de Dados**. 1ª edição, *CAMPUS* , 2006.

SILVA, T, R, PORTO, M.F.A. **Gestão Urbana e gestão das águas: Caminhos da integração**. Estudos Avançados 17(47), 2003.

TEIXEIRA, D. **Avaliação da qualidade da água e levantamento de custo de tratamento de efluentes visando a recuperação de um sistema eutrofizado (Represa de Salto Grande – Americana/SP)**. 2000. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

www.ana.gov.br

www.dpi.inpe.br/cursos

<http://www.sabesp.com.br>