

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**PADRÕES PARA AQUISIÇÃO DE SOFTWARES SIG
POR ADMINISTRAÇÕES PÚBLICAS MUNICIPAIS**

Eng^o Cartógrafo EDMILSON MARTINHO VOLPI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador Prof. Dr. Sergio Antonio Röhm

SÃO CARLOS - SP

2006

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

U932pa

Volpi, Edmilson Martinho.

Padrões para aquisição de softwares SIG por
administrações públicas municipais / Edmilson Martinho
Volpi. – São Carlos : UFSCar, 2006.

118 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2001.

1. Planejamento urbano. 2. Política urbana. 3.
Cartografia. 4. Geoprocessamento. 5. Sistemas de
informação geográfica. 6. Administração pública. I. Título.

CDD: 711 (20^a)



FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada em 02/03/2001
pela Comissão Julgadora

Prof. Dr. Sergio Antonio Röhm
Orientador (DECiv/UFSCar)

Prof.ª Dr.ª Silvana Ribeiro Liporaci
(Pesquisadora FAPESP)

Prof. Dr. Segundo Carlos Lopes
(DECiv/UFSCar)

Prof. Dr. Reinaldo Lorandi
Presidente da CPG-EU

DEDICATÓRIA

Às pessoas que compartilharam
minhas alegrias na elaboração deste
trabalho.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível graças ao incentivo e apoio de meu orientador, Prof. Dr. Sergio Antonio Röhm, a quem cabe meus maiores agradecimentos.

A CAPES pelo apoio financeiro concedido para a elaboração deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, pelas discussões e contribuições na elaboração deste projeto.

A Arquiteta Andréa C. A. Petisco, ao Engenheiro Civil Glauco A. B. G. Figueiredo, a Geógrafa Renata Cristina Ferreira, ao Arquiteto Jorge L. M. München, pela amizade e compreensão nos momentos mais difíceis na execução deste trabalho.

A todos os amigos conquistados em São Carlos que, não estão citados aqui mas que estão guardados em meu coração.

A meus pais e meus irmãos, por aceitarem minha ausência.

A todos os outros colegas, professores e amigos feitos nos quase três anos em que este trabalho foi elaborado, quero agradecer pelo companheirismo e apreço.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
1. APRESENTAÇÃO	12
1.1. OBJETIVOS.....	13
2. INTRODUÇÃO	14
3. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	18
3.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE CARTOGRAFIA.....	18
3.2. HISTÓRICO DO SIG	20
3.3. DEFINIÇÕES DE SIG	24
3.3.1.DADOS.....	24
3.3.1.1.Modelo.....	25
3.3.1.2.Modelo de dados espaciais	25
3.3.1.3.Modelagem orientada a objetos.....	28
3.3.2.INFORMAÇÃO	29
3.3.2.1.Teoría da Informação.....	29
3.3.2.2.Informação Geográfica	31
3.3.2.3.Sistemas	31
♦ Sistemas de Informação	34
♦ Sistemas de Informação Automatizados	34
3.3.3.Sistemas de Informação Geográfica	34
3.3.3.1.Entidades e Atributos.....	36
3.3.3.2.Algumas Definições de Sistema de Informação Geográfica	36
4. APLICAÇÕES MUNICIPAIS	40
4.1. METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SIG URBANO	43
4.1.1. LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES.....	47
4.1.2. DESENHO CONCEITUAL	47
4.1.3. LEVANTAMENTO DOS DADOS DISPONÍVEIS.....	50

4.1.4. LEVANTAMENTO DE HARDWARE E SOFTWARE PARA SIG	50
4.1.5. DESENHO E PLANEJAMENTO DETALHADO DA BASE DE DADOS	50
4.1.6. CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS	51
4.1.7. TESTE DE IMPLEMENTAÇÃO COM UMA ÁREA PILOTO	52
4.1.8. INTEGRAÇÃO DO SISTEMA SIG	52
4.1.9. DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES	52
4.1.10. UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO	53
5. MODELAGEM DE UM PROJETO SIG URBANO	54
5.1. AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES	54
5.1.1. O PLANO DE LONGO PRAZO DE SIG	54
5.1.2. OS OBJETIVOS DO GOVERNO MUNICIPAL	55
5.1.3. FUNÇÕES DOS GOVERNOS MUNICIPAIS	55
5.1.4. OBJETOS DE AÇÃO	56
5.1.5. ATRIBUTOS DOS OBJETOS DE AÇÃO	56
5.1.6. FONTES DE DADOS	56
5.2. OBTENÇÃO DE SUPORTE ORGANIZACIONAL	57
5.2.1. CUSTOS E BENEFÍCIOS	57
5.2.2. PROJETO PILOTO	59
5.3. ADMINISTRAÇÃO DO PROJETO CONCEBIDO E IMPLANTADO	59
5.3.1. CRIAÇÃO DO MAPA-BASE	60
5.3.1.1. Mapas cadastrais	60
5.3.1.2. Mapas planialtimétricos	61
5.3.1.3. Mapa-base planialtimétrico com sobreposição cadastral	61
5.3.2. RECURSOS HUMANOS	62
5.4. FASES DE UM SIG EM UMA ORGANIZAÇÃO	64
5.4.1. FASE DE ESTUDO	64
5.4.2. FASE DE IMPLEMENTAÇÃO	65
5.4.3. FASE OPERACIONAL	65
6. ASPECTOS QUALITATIVOS NA IMPLANTAÇÃO DE UM SIG MUNICIPAL	67
6.1. TRANSFORMAÇÕES ORGANIZACIONAIS: A NATUREZA POLÍTICA DE UM SIG	70
7. SOFTWARES SIG	76
7.1. QUALIDADE DE SOFTWARE	80
7.1.1. QUALIDADE NA AQUISIÇÃO DE SOFTWARE	84
7.1.2. QUALIDADE NA UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE	86
8. DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA AQUISIÇÃO DE SOFTWARES SIG	88
8.1. SELEÇÃO DE SOFTWARE SIG	88
8.1.1. JUSTIFICATIVA E EXPECTATIVA	90
8.1.2. CONSTATAÇÕES	92
8.2. ASPECTOS TÉCNICOS	94
8.2.1. FORMATO DE ARQUIVOS	94

8.3. ASPECTOS INSTITUCIONAIS	95
8.3.1. PLATAFORMA DE HARDWARE.....	95
8.3.2. SISTEMA OPERACIONAL.....	96
8.3.3. RECURSOS HUMANOS.....	98
8.3.4. COORDENAÇÃO.....	99
8.3.5. RECURSOS FINANCEIROS.....	101
8.4. ASPECTOS ORGANIZACIONAIS	102
8.4.1. SUPORTE.....	102
8.4.2. BASE INSTALADA.....	103
8.4.3. TREINAMENTO.....	103
8.4.4. OFERTA DE SOFTWARE.....	106
9. CONCLUSÕES	108
9.1. SUGESTÕES	108
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
11. BIBLIOGRAFIA	115

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Ciclo de desenvolvimento de um projeto SIG, adaptado de (NCGIA, 1997).....	46
FIGURA 2 - Modelagem de dados de um projeto SIG, adaptado de (NCGIA, 1997).....	49
FIGURA 3 - Comparação entre custos operacionais de uma organização com e sem SIG (KORTE, 1995)	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AML - Arc Macro Language

CAD - Computer Aided Design

CGIS - Canadian Geographic Information System

DTM - Digital Terrain Modeler

FGDC - Federal Geographic Data Committe

GIS - Geographic Information System

NCGIA - National Center for Geographical Information Analysis

SCA - suitability/capability/analysis (aplicabilidade/capacidade/análise)

SGBD - Sistema Gerenciado de Banco de Dados

SIGI - Sistema Geográfico de Informação

SIG - Sistema de Informações Geográficas

RESUMO

VOLPI, E.M. 2001 *Padrões para aquisição de softwares SIG por administrações públicas municipais*. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos.

Sistemas de Informações Geográficas estão se tornando ferramentas indispensáveis para a Administração Pública Municipal gerenciar suas atividades mais eficientemente. Como toda nova tecnologia, os SIG's Urbanos também carecem de uma metodologia eficaz para sua implantação, visto que cada objeto de estudo (Prefeituras) possui realidades distintas e particularidades próprias.

Este trabalho faz inicialmente uma revisão bibliográfica sobre o conceito de Sistemas de Informações Geográficas, e sobre algumas metodologias de implantação de um SIG Urbano já desenvolvidas, enfocando-se no processo de avaliação e aquisição do software SIG, dentro de uma metodologia de implantação.

Mostra-se aqui, a importância da questão do software na implantação de um SIG Urbano.

Busca-se analisar as funções que determinado software SIG deve contemplar para atender às necessidades de uma Gestão Municipal, sugerindo algumas características importantes para o sucesso da implantação desta tecnologia em aplicações municipais que nem sempre são levadas em consideração.

Tais características referem-se não aos aspectos técnicos do software SIG, mas sim às suas características operacionais, tais como: suporte oferecido pela empresa revendedora, sistema operacional, treinamento, bibliografia disponível, base instalada, entre outros.

Por fim, mostra-se que o processo de escolha de um software SIG para aplicações urbanas deve passar, além dos aspectos técnicos, pelos aspectos operacionais, garantindo assim que o software seja mais eficientemente implantado e utilizado por toda a equipe responsável pela geração, manutenção e distribuição da informação geográfica no município a ser implantado o projeto SIG.

Palavras-chave: Sistemas de Informações Geográficas; SIG Urbano; aplicações municipais de SIG; escolha de software SIG

ABSTRACT

Geographic Information Systems are becoming indispensable tools for the Municipal Public Administration manages its activities more efficiently. As all new technology, the Urban GIS also lacks of an efficient methodology for its implantation, since each object of study (City Halls) possess distinct realities and proper particularities.

This paper makes initially a bibliographic revision walk through the concept of Geographic Information Systems, and on some methodologies of implantation of Urban GIS already developed, focusing in the process of evaluation and acquisition of the GIS software, inside the methodology of implementation.

One reveals here, the importance of the software's question in the Urban GIS implantation.

This work tries to analyse the functions that a specific GIS software must have to attend the necessities of a Municipal Management, suggesting some important characteristics to the success of the implantation of this technology in Municipal applications, that are not always considered.

These characteristics refer not just to technical aspects of GIS software, but to its operational items, like: software support, operational system, training, software documentation, registration sites, among others.

Finally, it is shown that the process of the GIS choose to urban applications must consider, besides the technical aspects, the operational aspects, guarantying this way that the software be more efficiently implanted and used by technical group for generation, maintenance and distribution of geographic information in the city where the GIS project will be implanted.

Key words: Geographic Information Systems; Urban GIS; GIS municipal application; GIS software choice

1. APRESENTAÇÃO

Este trabalho está dividido em quatro partes entre a introdução e as conclusões. A primeira parte descreve as metodologias para implantação de um SIG Urbano em Prefeituras, mostrando desde o levantamento das necessidades até a utilização e manutenção do projeto já implantado.

A segunda parte situa, conceitua, apresenta e caracteriza os aspectos qualitativos em Sistema de Informações Geográficas. Mostra alguns estudos existentes para assegurar o sucesso na implantação desta tecnologia.

A terceira parte conceitua o que é um software SIG, e apresenta as características do software, sempre voltadas para aplicações urbanas.

A quarta parte mostra padrões para avaliação e aquisição de softwares SIG por Prefeituras, dando maior enfoque aos aspectos organizacionais. Ainda nesta parte, sugere-se algumas questões fundamentais, que devam ser levadas em conta quando de um processo licitatório para aquisição de um software SIG.

A fundamentação teórica deste trabalho abrange sete campos de pesquisa em Sistema de Informações Geográficas, a saber:

- Histórico do Geoprocessamento
- Introdução ao Geoprocessamento
- Sistema de Informações Geográficas Urbanas
- Metodologia de implantação de um SIG Urbano
- Aspectos qualitativos na implantação de um SIG Urbano
- Software SIG
- Padrões para avaliação e aquisição de software SIG

1.1. OBJETIVOS

O trabalho tem o objetivo de levantar, apresentar e discutir metodologias para aquisição de softwares SIG's por Prefeituras, enfocando os aspectos organizacionais. Discorre-se sobre técnicas de implantação de um projeto SIG em Prefeituras, enfocando os aspectos técnicos e institucionais que já foram bem divulgados e estabelecidos, bem como tendências de pesquisas e de organizações.

Foi elaborado um tópico à parte sobre os aspectos organizacionais, por considerar o assunto bastante oportuno no Brasil, e que interage com os tópicos anteriores.

Não se pretende criar uma metodologia para aquisição de softwares SIG por Prefeituras, nem especificar qual é o melhor software para aplicações urbanas. A contribuição desta dissertação está no seu caráter conceitual, informativo, de apoio, orientação e síntese já que no momento, no Brasil, observamos um crescente interesse na aquisição e implementação desta tecnologia por Administrações Públicas Municipais, que nem sempre conseguem atingir os objetivos almejados.

Também esta dissertação pode subsidiar aos mais diversos usuários de Sistema de Informações Geográficas, que necessitem, de alguma forma aqui apresentada, especificar um software SIG para uma dada aplicação, seja ela urbana ou não, já que não existe literatura ou trabalho até o momento, que aborde os vários ângulos esta questão.

2. INTRODUÇÃO

Este trabalho discute a influência do software SIG no planejamento e na implementação de Sistemas de Informações Geográficas Municipal. Esta discussão considera não somente os aspectos envolvidos na operacionalização do sistema durante e depois de sua implantação, mas também na especificação e aquisição do sistema. Assim, os softwares SIG são vistos sob três aspectos, no contexto da implantação de um SIG Urbano: métodos de implantação, aspectos qualitativos e especificação.

Sobre os métodos de implantação são descritas as etapas a serem seguidas no processo de desenvolvimento de um SIG Urbano, abrangendo: levantamento das necessidades, modelo conceitual, disponibilidade de dados, levantamento de hardware e software, planejamento e desenho da base de dados (modelo lógico), construção da base de dados (modelo físico), testes pilotos, aquisição de hardware e software, integração do sistema, desenvolvimento de aplicações e manutenção dos sistemas.

Sob os aspectos qualitativos, cita-se os aspectos organizacionais, institucionais e de planejamento na implantação de um SIG. Ainda sobre qualidade definem-se quais seriam os fatores de sucesso na implementação de um projeto SIG.

Ressalta-se o conceito e a importância da especificação de um software SIG para aplicações urbanas. Esta conceituação se faz em três pontos de vista: técnico, abrangendo rotinas e funções necessárias para aplicações urbanas; institucionais, visando a integração do sistema com as rotinas já existentes em uma Prefeitura; e organizacionais, objetivando facilitar a absorção, utilização e manutenção de um projeto SIG pela Prefeitura.

Hoje se sabe que a implantação de um projeto de SIG Urbano em uma Prefeitura, é uma tarefa árdua e complexa que nem sempre atinge os objetivos inicialmente propostos, se não for muito bem detalhado e modelado.

Segundo RODRIGUES (1995) dentre as circunstâncias condicionantes de sucesso na implantação de um SIG, a questão do software, tem como principais dificuldades:

- Dificuldade de entendimento das aplicações de seu produto para um dado cliente e suas circunstâncias. Em geral tal entendimento é baseado em demonstrações estrangeiras realizadas sob condições distintas de recursos financeiros, de base de dados e organizacionais;
- Descuido com as implicações sérias de uma aquisição indevida, e precário suporte ao cliente quando da utilização do software. Este aspecto diz respeito, principalmente, a resolução de problemas em curtíssimo prazo;
- Extremo conservadorismo na seleção do software. É comum que se escolha um certo produto porque ele é usado por um conhecido. Poucos conhecem a variedade do mercado e podem, com segurança, especificar softwares ainda pouco utilizados. A devida avaliação de um software demanda mais do que demonstrações e explicações do vendedor. Demanda conhecimento de métodos, estudo e experimentação;
- Aquisição de software por processo licitatório mal especificado. São conhecidos do mercado casos extremos de aquisição indevida.

De acordo com QUINTANILHA e SILVA (1993), uma das áreas onde ocorrem maiores enganos, na implantação de SIG em Prefeituras é sobre a aquisição de software, quando o funcionário analisa somente seus aspectos “de tela”.

A questão do software necessita ser especificada logo no início da modelagem dos dados geográficos. Considerando que um projeto de base de dados geográficos compreende:

- Análise das necessidades e requisitos;
- Projeto conceitual;
- Projeto lógico;
- Projeto físico;
- Projeto de conversão de dados;
- Projeto de publicação ou visualização de dados.

Segundo GUIDARA e QUINTANILHA (1997), o projeto lógico é parcialmente dependente do software SIG a ser utilizado, e o projeto físico é totalmente dependente do software. Assim, faz-se necessário que a especificação para aquisição de software SIG por administrações municipais seja vista sobre três óticas:

- Aspectos técnicos, que determinam quais rotinas o software deve possuir para atender as necessidades do projeto, como topologia, modelagem digital do terreno, processamento digital de imagens, captura e conversão de dados e análise espacial, entre outras;
- Aspectos institucionais, que irão garantir o funcionamento e manutenção do sistema, bem como sua adaptação aos sistemas já existentes em uma Prefeitura, como armazenamento de dados, comunicação, geração de mapas

e relatórios, edição dos dados, segurança e consistência dos dados, entre outros;

- Aspectos organizacionais, que irão garantir que o sistema seja absorvido pela Prefeitura, sem atrasos no cronograma inicial e sem ultrapassar o orçamento previsto para o projeto, como plataforma de hardware, treinamento da equipe técnica, suporte da empresa revendedora, documentação, preço e fornecedor, entre outros aspectos.

3. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

3.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE CARTOGRAFIA

O mapa é, seguramente, uma modalidade de comunicação gráfica das mais antigas da humanidade (OLIVEIRA, 1988). RAIZ (1969) afirma que

“a história dos mapas é mais antiga que a própria história, isto se pensarmos na história como a documentação escrita sobre os fatos passados. A confecção de mapas precede a escrita. Isto pode ser concluído do fato comprovado, por muitos exploradores dos vários povos primitivos que, embora eles não houvessem alcançado a fase da escrita, desenvolveram a habilidade de traçar mapas”.

A base do sistema cartográfico atual é atribuída aos gregos. Admitiram a forma esférica da Terra, com seus Pólos, Equador e Trópicos, desenvolveram o sistema de latitude e longitude, desenharam as primeiras projeções e calcularam o tamanho do nosso planeta.

Porém, o desenvolvimento da Cartografia não se repetiu com a mesma intensidade na civilização e épocas posteriores aos gregos.

- Os romanos desprezaram boa parte dos conhecimentos gregos (sistemas de latitude/longitude e projeções) e priorizaram os aspectos práticos dos mapas, de forma a solucionar problemas militares e administrativos, representando a Terra em forma de disco.
- Na Idade Média, os cartógrafos limitaram ainda mais os conhecimentos herdados dos romanos. Representaram a Terra, influenciados pelo sentido cristão do

sobrenatural, usando expressões simbólicas e artísticas. O mapa-múndi típico do período assemelhava-se ao modelo romano (disco) e sua forma esquemática era conhecida como *Orbis Terrarum*.

- No Renascimento, a Cartografia recebeu um grande impulso, baseado principalmente em 3 fatores: a descoberta da Geografia de Ptolomeu, a invenção da imprensa e os grandes descobrimentos. Os cartógrafos da época procuraram estabelecer a ligação dos descobrimentos de então com a concepção de mundo feita por Ptolomeu.
- Nos séculos XVIII e XIX, a Cartografia foi influenciada pelas necessidades militares de informações precisas e pelas tecnologias oriundas do processo de divisão do trabalho, desencadeado pela Revolução Industrial.
- No princípio do século XX, a Cartografia recebeu um importante avanço com a utilização de fotografias aéreas, pois até então os mapas, independentemente da escala, eram produzidos a partir de laboriosas medições topográficas. Desde então, as fotos aéreas constituíram-se no meio mais utilizado e preciso de obtenção de informações destinadas à Cartografia.

De acordo com JOLY (1990), em fins dos anos 50, abriu-se uma nova era para a Cartografia, por conta da utilização dos satélites artificiais para mensuração e observação da Terra e o uso de computadores para o tratamento das informações coletadas e sua transcrição gráfica.

Conforme SALICHTCHEV (1988), as principais tendências no desenvolvimento da Cartografia contemporânea, quais sejam, a introdução da automação, o progresso das áreas temáticas, o sucesso do uso do mapa como recurso de

pesquisa científica, estão expandindo as perspectivas e, concomitantemente, criando a necessidade de repensar o objeto e métodos da Cartografia.

De acordo com este autor, haveria uma tendência, particularmente por parte de Cartógrafos americanos, em afirmar que o principal objetivo da Cartografia é a transmissão da informação espacial e que a definição de mapa deve ser ampliada para incluir todas as fontes de informação espacial em forma codificada ou gráfica.

Este fato é ratificado por TAYLOR (1991) no discurso de abertura da Assembléia Geral da International Cartographic Association, Bournemount, que define Cartografia como organização, apresentação, comunicação e utilização da geoinformação nas formas gráficas, digital e tátil. Pode incluir todas as etapas desde a apresentação dos dados até o uso final na criação de mapas e produtos relacionados à informação espacial.

Os mapas, por sua vez, são definidos como uma imagem convencional, representando feições, características da realidade geográfica e as relações espaciais de relevância fundamental.

3.2. HISTÓRICO DO SIG

PARENT & CHURC (1988) documentaram a origem dos primeiros sofisticados SIG. O desenvolvimento dos mapas temáticos teve rápida expansão. Um dos primeiros usos do SIG pode ter sido no “Public Land Survey” em 1785. A idéia de superposição de vários mapas (layers) gravando os dados espaciais como uma série de mapas de base similar foi estabelecida numa convenção cartográfica no tempo da guerra civil americana. Como exemplo o mapa do chefe militar francês e cartógrafo Louis A.

Berthier (1753-1815) mostrava movimentação das tropas em 1781 na Siege of Yorktown.

No século XX, avanços nas ciências físicas e sociais deram aos geógrafos, importantes ferramentas intelectuais para a análise de dados espaciais (estatística, cálculo numérico). Apareceu o primeiro mapa geológico de Paris e de Londres. O censo Britânico de 1825 produziu uma infinidade de dados para a análise e a ciência demográfica evoluiu. As mudanças econômicas da revolução industrial produziram as maiores revoluções do SIG neste período. O resultado nesta época foi o estudo sobre transportes em 1838 que consistia numa série de mapas com uma base uniforme, população, fluxo de tráfego, geologia e topografia.

Segundo STREICH (1986) *apud* STAR e ESTES (1990), o estatístico americano Hermam Hollerith (1860-1929) foi o pai da automatização do geoprocessamento, adaptando a técnica do “punched-card” nas análises demográficas do Censo Americano de 1890, sorteando cartões e colando os dados.

Em 1936, Charles Colby que era presidente da Associação dos Geógrafos Americanos lançou desafios para pesquisas em geografia, com ênfase para abordagem quantitativa. Era a o início da era moderna.

Com os primeiros avanços em computação, cartografia e fotogrametria foram lançadas as bases tecnológicas para a automação dos SIG's, que começaram a aparecer nos anos 60. A necessidade de integrar dados de várias fontes bem como sua manipulação e análise, vai prover as informações de planejamento e gerenciamento no processo de decisão, unindo profissionais de várias áreas.

Três fatores foram decisivos para a criação dos SIG's:

- Refinamento das técnicas cartográficas

- Rápido desenvolvimento nos sistemas de computação digitais
- Revolução quantitativa em análise espacial.

Estes fatores foram importantes pois ajudaram com as ferramentas analíticas para estimular os pesquisadores e profissionais em uma grande variedade de aplicações. CHRISMAN (1988) *apud* STAR e ESTES (1990), apontou para o “culto e novidade da alta tecnologia” como uma cortina aberta para as contribuições das várias disciplinas.

Em 1969, Ian McHarg publicou o “Design with Nature”. Este trabalho formalizou o conceito de SCA (suitability/capability/analysis), que é uma técnica em que os dados concernentes ao uso da terra que estava sendo estudada entravam num SIG como dados analógicos ou digitais. Os programas SCA combinavam e comparavam tipos de dados segundo modelos determinísticos, para produzir mapas planos. “Design with Nature” foi o primeiro trabalho influenciando o uso de sobreposição de dados espaciais referenciados, no planejamento de recursos e gerenciamento das decisões. Bastante usado nos EUA nas últimas duas décadas.

STORET (um sistema desenvolvido para o Public Health Service) foi usado para armazenar dados espaciais sobre a qualidade da água. Outro sistema chamado MIADS, desenvolvido pelo US Forest Services era usado para a área de recreação e de hidrologia. Também o Census Bureau of US se envolveu largamente em geoprocessamento e processamento automatizado de dados espaciais.

Na comunidade científica, o Harvard’s Laboratory for Computer Graphics desenvolveu e tornou disponível uma série de programas automatizados de análise e mapeamento. Aplicações em planejamento urbano também foram desenvolvidas com estes tipos de ferramentas: em 1968 mais de 3/5 das agências de planejamento urbano e regional dos US estavam usando sistemas automatizados.

Segundo PEQUET (1977) o primeiro sistema da era moderna conhecido por todos como SIG era o CGIS (Canadian GIS), TOMLINSON (1982) usou este sistema aplicado à agricultura. O objetivo primordial do CGIS era analisar os dados das terras canadenses na classificação de terras . Assim seu primeiro uso foi dirigido na ajuda de problemas ambientais: reabilitação e desenvolvimento de terras para agricultura canadense. O CGIS foi implementado em 1964 (DEUKER, 1979). Nos primeiros anos, os custos e dificuldades técnicas na implantação dos SIG's eram grandes.

O crescimento fenomenal na velocidade dos processadores computacionais dos anos 70 e 80, foi a maior influência no desenvolvimento dos SIG's. Enquanto antigos sistemas usavam os cartões perfurados e mainframes, os modernos minicomputadores de 32 bits se tornavam disponíveis com as tecnologias dos SIG's.

Em 1977, o US Department of the Interior's Fish e o Wildlife Service fez um trabalho comparando 54 SIG's existentes. Poucos SIG's eram comerciais. Porque poucas firmas comerciais oferecem o produto? Não é simples a resposta, pois há diversos aspectos a serem considerados. Exige-se uma variedade de especialistas na área. Além do desenvolvimento comercial dos SIG's nos anos 70 houve também avanços na área de processamento de imagens e nos sistemas de sensoriamento remoto.

Hoje as aplicações comerciais exploram largamente os SIG's, com a difusão em larga escala dos produtos como o Arc/Info (ESRI), o MGE (Intergraph Corporation), o GRASS, o IDRISI e o SPRING. Os bancos de dados relacionais e o banco de dados hierárquico também desenvolvidos pela ESRI e a INTERGRAPH, alcançaram sucesso comercial.

O desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento remoto e as aplicações durante esta década estimularam trabalhos teóricos e práticos nas áreas de registro e correção geométrica. A união do mapa e dos dados das imagens (raster-vector) gerou

trabalhos de convergência. Hoje os SIG's são sofisticados e incorporados aos sistemas de processamento de imagens.

3.3. DEFINIÇÕES DE SIG

Para se entender o que é um Sistema de Informação Geográfica é necessário conhecer-se a definição de alguns conceitos básicos que são normalmente empregados pela comunidade que lida com esta tecnologia. Devem ser definidos os termos/conceitos como dados e informações, pois seu uso indiscriminado pode provocar algumas confusões.

3.3.1. DADOS

Um dado é um símbolo utilizado para a representação de fatos, conceitos ou instruções em forma convencional ou preestabelecida e apropriada para a comunicação, interpretação ou processamento por meios humanos ou automáticos, mas que não tem significado próprio. Os dados são, sem dúvida, a base fundamental de um SIG. Se não existirem nada se faz, por mais sofisticada que seja a ferramenta adotada.

Quando existem e estão disponíveis para o uso, muitas vezes não se apresentam na forma adequada para a utilização que se propõe. Além disso, cada aplicação pressupõe um conjunto de dados específicos com características muito particulares ao caso de estudo e à área que abrangem.

Por outro lado, como o material bruto que serve aos SIG's são os dados de natureza geográfica ou mais precisamente de natureza espacial, a principal fonte ou repositório destes dados está diretamente ligada aos mapas em suas mais diversas formas, escalas e objetivos temáticos. Ora, um mapa visto de maneira simplista é uma

representação de uma parte da superfície terrestre e, portanto, uma abstração baseada num modelo pré-estabelecido.

Esse modelo, por sua vez é construído por meio de diversas técnicas que vão desde a aquisição dos dados até a sua forma final de apresentação, seja em meio analógico (papel) ou digital.

Assim, parece ser fundamental a correta compreensão do que são modelos e de que forma são utilizados para a produção de um mapa.

3.3.1.1. Modelo

Um modelo representa um objeto ou fenômeno que existe no mundo real. Um bom modelo é aquele que seja o mais simples possível e ainda assim capaz de representar de forma correta e consistente o comportamento do mundo real, relativamente ao fenômeno estudado. Os critérios utilizados para a escolha do modelo devem ser suficientemente eficazes de forma a refletir as necessidades dos usuários a serem atendidos.

3.3.1.2. Modelo de dados espaciais

A necessidade de um modelo geográfico genérico tem aumentado devido a grande variedade de perfis de usuários de SIG: engenheiros, antropólogos, geólogos, geógrafos, ambientalistas, dentre outros. Cada um deles possui uma linguagem técnica própria a respeito dos fenômenos geográficos com os quais trabalha. A realidade geográfica (GOODCHILD *et alli.*, 1992) varia conforme o observador e os seus objetivos. Um modelo é o processo de representação de cada uma destas realidades (PIRES e MEDEIROS,1997).

Existem diferentes visões do conceito de modelagem de dados em aplicações geográficas, dependendo do contexto em que o termo é empregado (MEDEIROS e PIRES, 1994). Em bancos de dados, o termo denota a especificação de um conjunto de propriedades e características de dados a serem posteriormente armazenados em um SGBD. É neste contexto específico (bancos de dados) que será abordado o problema de modelagem de dados em SIG.

Dados geográficos, do ponto de vista de pesquisa em bancos de dados, são um tipo de dados espaciais. Estes últimos referem-se a qualquer tipo de dados que mantenham algum relacionamento espacial (por exemplo dados de projeto de engenharia ou dados relativos a estruturas moleculares). Aqui, serão unicamente considerados os dados espaciais georreferenciados, e portanto o termo será usado indistintamente.

A modelagem de dados dentro de um SIG é direcionada pelas estruturas disponíveis para representar os fenômenos espaciais. Em função disso, cada SIG utiliza uma linguagem diversa própria ao modelo de dados implementado. Por exemplo, um mesmo conceito do mundo real é denominado, segundo o SIG que se utiliza, de temas, categorias, camadas, planos de informação, coberturas, mapas, etc.. Com isso, torna-se muito difícil a um SIG proporcionar ao usuário um modelo de alto nível para a especificação de aplicações (RAPER e MAGUIRE, 1992).

O processo de modelagem de dados em SIG's comerciais confunde necessidades da aplicação com adequação às estruturas internas. Como exemplos, certos SIG's não permitem definição de áreas que se sobreponham, outros não permitem a existência de versões de representação e outros só manipulam dados bidimensionais.

Como consequência dessas limitações, usuários se vêem diante da questão: qual a melhor ferramenta para desenvolver sua aplicação geográfica ? É necessário, assim, definir um modelo de dados padrão que permita a um usuário especificar suas necessidades em uma linguagem de trabalho independente do SIG a ser utilizado.

Esse modelo deve atender aos seguintes requisitos, a fim de se tornar um modelo versátil e robusto para análise de um grande leque de aplicações:

- ter capacidade de especificação e validação de regras (base de conhecimento);
- ser capaz de expressar tempo (versões e séries temporais);
- conseguir expressar relacionamentos espaciais;
- permitir classificar, organizar e estruturar os elementos georreferenciados do mundo real;
- ter base no conceito de orientação a objetos para permitir expressar abstrações (composição, herança e outras) incorporadas à vivência humana.

A questão de modelagem de dados tem sido objeto de pesquisas há vários anos na área de bancos de dados, em Ciência da Computação. Técnicas convencionais de modelagem de dados foram estendidas a fim de incorporarem aos modelos maior capacidade de interpretação semântica do mundo real (HULL e KING, 1987). No entanto, a modelagem de dados georreferenciados constitui ainda um desafio (ABEL, 1989; WORBOYS *et alli.*, 1990; GOODCHILD, 1991; RAPER e MAGUIRE, 1992).

Na modelagem de bancos de dados para aplicações comerciais convencionais, existem atualmente diversas metodologias que orientam os desenvolvedores no planejamento, especificação, análise, projeto e implementação, e aplicações.

Independentemente das abordagens utilizadas, todas elas partem do entendimento das necessidades dos usuários e das regras do negócio para a elaboração das fases de projeto e implementação que se concentram em como atender tais necessidades.

O processo de modelagem é totalmente distinto, no caso de aplicações geográficas. Neste caso, a modelagem é dirigida não apenas pelas necessidades do usuário, mas também pela disponibilidade dos dados e suas fontes de captação, sem contar as restrições impostas pelos SIG's adotados.

O projetista de uma aplicação precisa interpretar as necessidades do usuário e mapear o mundo real em dados de entrada que serão transformados segundo o modelo implementado pelo SIG.

Não existe um modelo genérico que sirva de interface entre usuário e SIG que possibilite uma visão conceitual completa da aplicação geográfica com todos os fenômenos geográficos envolvidos. Em função destas necessidades, está sendo desenvolvido o modelo de dados MODGEO2, que é baseado em orientação a objetos e permite ao usuário representar os diversos fenômenos geográficos a serem considerados em uma aplicação e os seus relacionamentos estruturais, temporais, espaciais e comportamentais.

3.3.1.3. Modelagem orientada a objetos

Especialmente em aplicações SIG, padrões de classes de objetos compartilhados estão revolucionando o desenvolvimento de aplicativos de geoinformação, adequados a objetivos e características locais. Orientação a Objeto tem uma forte e controlada arquitetura voltada para a complexidade no desenvolvimento de sistemas; onde as várias visões integram a semântica do contexto com as abstrações de módulos funcionais e classes de interface do sistema.

3.3.2. INFORMAÇÃO

Informação é definida como o significado que o ser humano atribui aos dados, utilizando-se de processos preestabelecidos para sua interpretação. Concluindo, pode-se dizer que os dados são um conjunto de valores, numéricos ou não, sem significado próprio e que informação é um conjunto de dados que possuem significado para determinado uso ou aplicação.

3.3.2.1. Teoria da Informação

A Teoria da Informação surge na década de 40 como uma teoria estatística e matemática, que se originou nas áreas de telegrafia e da telefonia. Vai interessar posteriormente à Cibernética, como estudo da troca de informação em um organismo vivo ou mecânico, e aos setores onde há interesse na mecanização da informação.

Consolida-se como disciplina científica que serve para apresentar fatos numa ordenação lógica que visa à síntese, desenvolvendo uma metodologia de valor operacional, aplicável ao estudo de vários setores e às ciências humanas - a área da lingüística, da psicologia e das ciências sociais em geral. Estuda situações comunicativas humanas e não humanas.

O crítico italiano Umberto Eco observa ser possível estabelecer uma Teoria da Informação que corresponda ao estudo estatístico dos fenômenos do mundo físico analisados como mensagens, e uma Teoria da Comunicação que analise especificamente a mensagem humana. Haveria, segundo esse raciocínio, uma diferença entre Teoria da Informação e a Teoria da Comunicação: a primeira trabalharia só com a probabilidade ou improbabilidade de um evento, enquanto a segunda estabeleceria o

"valor" dessa probabilidade ou improbabilidade em uma determinada situação humana, para um determinado receptor humano.

O "valor" de uma informação vai ser definido em função do "receptor último" da mensagem e o que tem valor é o que é utilizado por este. A originalidade de uma mensagem é função da quantidade de informação transmitida por essa mensagem e do valor dessa informação. Para que uma mensagem se transmita deve haver entre emissor e destinatário um código total ou parcialmente comum.

A informação considerada na fonte apresenta uma série muito ampla de probabilidades, de escolhas, amplitude que se vai restringindo, na transmissão da mensagem, pelo código - o código representa um sistema de probabilidades que se sobrepõem à equiprobabilidade do sistema inicial. Note que a probabilidade de ocorrência de uma mensagem é dada pela razão entre o número de casos prováveis e o número de casos possíveis, enquanto que a improbabilidade é definida como o inverso da probabilidade. Pode haver ruído, isto é, sinais indesejáveis, na transmissão de uma mensagem. O ruído é o sinal que não se quer transmitir.

A medida fundamental da Teoria da Informação apresenta um ideal de rendimento de informação com um número limitado de símbolos: é uma distribuição igual das ocorrências dos símbolos, uma situação de equiprobabilidade, que dá o máximo de escolha possível na elaboração de uma mensagem. Entretanto, na prática, quase todas as mensagens que se transmitem não utilizam símbolos equiprováveis. Nas mensagens há redundâncias, isto é, repetição, sendo que alguns símbolos são mais prováveis do que outros; a redundância é causada por um excesso de regras que dá à comunicação um certo coeficiente de segurança. A redundância vai permitir que o sistema absorva o ruído e previna o uso.

3.3.2.2. Informação Geográfica

Como informação geográfica considera-se o conjunto de dados cujo significado contém associações ou relações de natureza espacial. Esses dados podem ser apresentados em forma gráfica (pontos, linhas e polígonos), numérica (caracteres numéricos), ou alfanumérica (combinação de letras e números).

Informação geográfica contém tanto uma referência geográfica explícita, como uma latitude e longitude ou uma coordenada em um sistema de projeção, ou uma referência implícita como um endereço, código postal, padrão de identificação de solo ou o nome de uma rodovia. Referência implícita pode ser derivada de referências explícitas utilizando-se um processo automatizado denominado “geocodificação”.

Esta referência geográfica nos permite localizar feições (como uma edificação ou uma floresta) e eventos (como um vazamento químico) na superfície da Terra para análise.

3.3.2.3. Sistemas

Como sistema considera-se um arranjo de entidades (elementos ou coisas) relacionadas ou conectadas, de tal forma que constituem uma unidade ou um todo organizado, com características próprias e subordinadas a processos de transformação conhecidos. Num sistema há sempre uma entrada ou demanda, um processo e a produção de um determinado resultado, oriundo do processo aplicado sobre as entidades, seus atributos e suas relações para atender a demanda.

Normalmente, quando observamos o mundo ao nosso redor, busca-se impor alguma ordem naquilo que se vê; é essa ordem que permite organizar e compreender experiências próprias e individuais. Uma maneira bastante útil de estabelecer ordem é indicar as estruturas que parecem funcionar de maneira significativa e aparentam ter

uma forma estável; tornou-se comum à referência a tais estruturas básicas como sendo sistemas.

THOMAS e HUGGETT (1980) lembram que os geocientistas fazem menção a sistemas urbanos, sistemas sociais, ecossistemas e sistemas de circulação atmosférica; muito embora cada um deles veja um mesmo sistema de maneira distinta, escolhendo realçar a importância de diferentes componentes e ligações e adotando escalas de análise ou níveis de resolução diversificados.

O conceito de sistema não é recente; HALL e FAGEN (1968) *apud* COFFEY (1981) definem sistema como sendo um conjunto de objetos juntamente com as relações entre objetos e entre seus atributos. Para COFFEY (1981), entretanto, a ênfase mais rigorosa sobre sistemas formalmente definidos tem surgido como resultado do reconhecimento de "sistema" como uma construção que é necessária para representar o conjunto complexo de inter-relações que existem no mundo real.

A conceituação de sistema reforça o inter-relacionamento dinâmico dos objetos de uma maneira holística, sendo que, de acordo com aquele autor, a ênfase é colocada mais sobre as relações dos elementos que compõem o sistema do que sobre as substâncias específicas ou as características de seus elementos. Várias abordagens de sistemas proliferam na literatura nesta última metade de século; COFFEY (1981) observa que desde sua introdução explícita na literatura geográfica no início dos anos 60, a noção de uma abordagem de sistemas estava sendo amplamente percebida como tendo um grau modesto de utilidade e um alto grau de ambigüidade.

Para HARVEY (1969) *apud* COFFEY (1981), tais abordagens de sistemas até cerca de 1968, não tinham ido muito além do estágio onde fomos exortados a pensar em termos de sistemas, e que o emprego de conceitos de sistemas não tinha atingido um *status* operacional poderoso na disciplina de Geografia. Desde o final da década de 60,

comenta COFFEY (1981), um número crescente de geocientistas têm utilizado uma estrutura de sistemas (implícita ou explicitamente) na análise de problemas complexos. HARVEY (1968) é considerado por COFFEY (1981) como aquele que forneceu um toque influenciador ao arcabouço de sistemas na base de sua observação que, do ponto de vista metodológico e empírico, o conceito de um sistema parece absolutamente central para nossa compreensão da explanação em Geografia. Para BERTANFFY (1972) *apud* COFFEY (1981) há três aspectos dos estudos de sistemas, que merecem destaque:

- Ciência dos Sistemas, que lida com a exploração científica dos sistemas e a teoria das várias ciências;
- Tecnologia dos Sistemas, que trata de aplicações tanto em operações computacionais quanto em desenvolvimentos teóricos (ex.: teoria dos jogos); e
- Filosofia dos Sistemas, que envolve a reorientação do pensamento e a visão do mundo resultando na introdução de “sistema” (como novo paradigma científico), a qual é dividida em:
 - Ontologia de Sistemas, que se preocupa com o significado de "sistema" e a percepção de sistemas em vários níveis de observação;
 - Epistemologia de Sistemas, que realiza a investigação dos todos organizados de muitas variáveis.

Para COFFEY (1981), a classificação de Bertanffy reflete as distinções primárias entre as abordagens de sistemas que estão implícitas na literatura do final da década de 70. Outras tipologias, dentre várias, seriam válidas: análise de sistemas, teoria de sistemas e teoria geral de sistemas - sendo que estas duas últimas seriam complementares e tidas como componentes de uma abordagem geral de sistemas, a

preocupação da qual é com os sistemas gerais e com teorias gerais. Dentre algumas das manifestações mais óbvias da abordagem de sistemas na pesquisa geográfica, até o início da década de 80, segundo COFFEY (1981), estão: a dinâmica dos sistemas nodais (baseados na teoria dos grafos adicionando-se elementos dinâmicos); teoria dos grafo de fluxos para redes, teoria central dinâmica do lugar; sistema central do lugar; métodos de otimização dos sistemas (pesquisa de operações ou análise de sistemas) que têm sido aplicados e desenvolvidos na área de análise de locação-alocação; métodos de entropia (máxima verossimilhança); teoria geral dos sistemas espaciais (cuja metodologia primária envolve a construção de modelos no sentido matemático-lógico).

◆ Sistemas de Informação

Sistemas de Informação nada mais são do que sistemas que lidam com informação sobre determinado assunto, podendo ou não ser informatizado. Uma biblioteca é um bom exemplo de um sistema de informação. As entidades (livros) estão relacionadas de maneira ordenada. A demanda: encontrar um determinado livro; o processo busca por autor, título ou palavras-chave. O resultado o livro é encontrado (se existir) ou não o que significa um resultado nulo.

◆ Sistemas de Informação Automatizados

Sistemas em que o computador é utilizado como forma de automatização das diversas fases (entrada, processo e saída).

3.3.3. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Várias ondas inovativas sacudiram a ciência da Geografia desde a década de cinqüenta. Entre elas, a adoção da abordagem sistêmica foi a mais generalizada,

propiciando condições para que os novos avanços melhor compatibilizem a análise e a interpretação das unidades complexas, em seus vários níveis hierárquicos de organização espacial. Ao lado das proposições teóricas surgiu, de modo explosivo, o uso das técnicas de quantificação, baseando-se no arsenal dos procedimentos estatísticos e na linguagem matemática.

Outro acontecimento marcante foi provocado pelo desenvolvimento tecnológico, propiciando a mensuração direta ou a colaboração de documentos, tais como as imagens orbitais, ampliando em ritmo acelerado a obtenção de dados a respeito dos fenômenos ocorrentes na superfície terrestre. Há acúmulo de dados e facilidade para obter informação relacionada com a distribuição espacial dos elementos e variáveis de interesse para a Geografia, (Geociências e Análise Ambiental, por exemplo). Para o manejo dessas informações, novos procedimentos técnicos acabaram sendo necessários.

Os Sistemas de Informações Geográficas inserem-se nesse contexto técnico científico, como instrumental valioso para as atividades dos pesquisadores e do público interessado nessas questões. Nos últimos cinco anos a literatura sobre sistemas de informações geográficas cresceu em muito, com a publicação de livros didáticos, ensaios e periódicos especializados. Torna-se necessário conhecer esse setor, para não se perder a marcha dos acontecimentos em seus aspectos técnicos e na potencialidade aplicativa. Seria errôneo pensar que as aplicações de SIG se restringe apenas ao campo da Geografia. As características do SIG tornam-no instrumento valioso para numerosos outros campos científicos, atividades de mercado, administração e planejamento. Uma porta aberta para a atualidade e para o futuro.

3.3.3.1. Entidades e Atributos

As entidades são os elementos ou objetos tomados como unidades básicas para a coleta dos dados. Os dados relacionam-se com os atributos, que caracterizam e fornecem significado à unidade estudada. Por exemplo, pode-se tomar um lugar como entidade, as suas características de solo, relevo e uso da terra como alguns de seus atributos.

O conjunto das entidades (lugares, ocorrências) corresponde à área estudada. Os dados disponíveis sobre os atributos representam a riqueza informativa.

O número de atributos mensurados fornece a base para melhor caracterização da área através do cruzamento das informações. Como o sistema básico inclui fases de entrada de dados, transformação e saída de informação, pode-se prever a inclusão de novas entidades, aumentando a grandeza da área estudada, bem como a inclusão de dados sobre novos atributos, que vão sendo considerados importantes. Esse processo representa a realimentação do SIG.

3.3.3.2. Algumas Definições de Sistema de Informação Geográfica

Muitos autores têm procurado ao longo dos últimos anos uma definição suficientemente abrangente para os SIG's. Na maioria das vezes, em maior ou menor detalhe, todas acabam por chegar a um denominador comum que, tende a ser a definição mais correta e portanto aproxima-se de um consenso.

"Classe ou categoria de sistema de informações caracterizada pela natureza espacial das informações, tais como a identificação, descrição e localização de entidades, atividades, limites e objetivos" (TOMLINSON, 1972 *apud* QUEIROZ FILHO, 1993).

"Sistemas voltados à aquisição, análise, armazenamento, manipulação e apresentação de informações referenciadas espacialmente" (MARBLE, 1984).

Geographical Information constituem "um conjunto de ferramentas para coleta, armazenamento, recuperação, transformação e exibição de dados espaciais do mundo real para um conjunto particular de propósitos" (BURROUGH, 1989).

"Sistema Geográfico de Informação (SGI) constitui o tipo de estrutura mais importante em termos de viabilização do Geoprocessamento", este último sendo um conjunto de procedimentos computacionais que, operando sobre bases de dados geocodificados ou mais evolutivamente, sobre bancos de dados geográficos, executa análise, reformulações e sínteses sobre os dados ambientais disponíveis" (SILVA e SOUZA, 1987).

"Sistemas de Informações Geográficas são modelos do mundo real úteis a um certo propósito; subsidiam o processo de observação (atividades de definição, mensuração e classificação), a atuação (atividades de operação, manutenção, gerenciamento, construção, etc...) e a análise do mundo real" (RODRIGUES e QUINTANILHA, 1991).

"SIG's são constituídos por uma série de programas e processos de análise, cuja característica principal é focalizar o relacionamento de determinado fenômeno da realidade com sua localização espacial; utilizam uma base de dados computadorizada que contém informação espacial, sobre a qual atuam uma série de operadores espaciais; baseia-se numa tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados espaciais, não-espaciais e temporais e na geração de informações correlatas" (TEIXEIRA *et alli*, 1992).

SIG's são sistemas cujas principais características são: "integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados de censo e de cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno; combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação, para gerar mapeamentos derivados; consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados geocodificados" (CÂMARA, 1993).

"Conjunto de técnicas automatizadas que permitem a captura, o armazenamento, a manipulação, a análise e a apresentação em diferentes formatos de informação geográfica, ou seja informação obtida a partir de dados geográficos que representam qualquer fenômeno onde a localização geográfica é um atributo essencial e que sendo único para cada fenômeno, permite individualizá-lo, representá-lo e analisá-lo." (TEIXEIRA *et alli*, 1992)

De um ponto de vista mais abrangente, considerando que apenas as técnicas não caracterizam o sistema como um todo, pode-se ampliar a definição anterior acrescentando que um SIG pode ser visto como a combinação de hardware, software, dados, metodologias e recursos humanos, que operam de forma harmônica para produzir e analisar informação geográfica.

Portanto, pode-se sintetizar dizendo que a tecnologia de SIG's incorpora técnicas de computação gráfica, de processamento digital de imagens e de sistemas gerenciadores de bancos de dados que, em conjunto, permitem tratar os dados geográficos nas diferentes formas em que se apresentam, de forma coerente, integrada e capaz de produzir um grande número de informações. Deve-se ressaltar que o atributo localização é sempre a chave de ligação entre as diferentes formas em que os dados se apresentam e por sua natureza individualizadora da entidade estudada é aquele onde

todo cuidado e atenção deve recair. Como se sabe a localização se materializa no mapa, onde por meio de um sistema de projeção predefinido localiza-se cada elemento ou entidade que ocupa um único lugar no espaço.

Como visto, existem diversas definições para os Sistemas de Informações Geográficas. Cada uma delas tenta privilegiar um aspecto de uma tecnologia que, estando na fronteira de várias áreas do conhecimento, é percebida de maneiras diferentes pelos especialistas de cada área. Também, cada autor vai modificando sua definição de SIG através dos tempos, como podemos observar novamente em CÂMARA *et alli* (1996):

“GIS são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la”

Como se percebe, esta nova definição está centrada nos dados geográficos, cuja existência e comprovada utilidade seriam a razão de existir do SIG. Na realidade, sistemas de informação convencionais há muito desenvolvem esforços no sentido de representar, alfanuméricamente, dados geográficos. No entanto, a riqueza dos dados geográficos dificilmente é capturada, de forma adequada, usando apenas dados alfanuméricos. Assim, novos recursos se fizeram necessários para que fosse possível extrair mais valor das informações disponíveis.

Devido à imensa gama de definições de SIG, fez-se necessário optar-se por uma que norteasse este trabalho. A mais abrangente é aquela apresentada em RODRIGUES (1990) seguindo três distinções conceituais:

- SIG *strictu sensu*, que denota software que desempenha as funções de coleta, manipulação e apresentação de informações sobre entes de expressão espacial e sobre o contínuo espacial;
- SIG *latu sensu*, que denota o software, o hardware, os procedimentos de entrada e saída de dados, normas de operação, de codificação, pessoal técnico e a estrutura organizacional que desempenha as funções acima descritas;
- Geoprocessamento, que é o conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento e uso de sistemas que a utilizam.

4. APLICAÇÕES MUNICIPAIS

As Prefeituras, ao decidirem investir em um SIG, deparam-se com uma questão crucial: que funções implementar? O que um SIG pode fazer pela Prefeitura? A impressão que existe hoje, é que as Prefeituras estão fazendo algumas experiências com SIG, e não exatamente implantando-o de uma forma abrangente. Estas experiências são válidas, necessárias, muitas com resultados bastante positivos, e talvez seja o possível dentro do contexto atual. Entretanto, mais cedo ou mais tarde a abordagem sistemática das funções de um SIG nas diversas áreas da Prefeitura será imprescindível para uma

implementação de fato. Não que tudo o que for possível deve ser implementado, mas é útil ter um mapeamento dos potenciais da tecnologia e poder selecionar ou priorizar o que de fato será explorado.

As Prefeituras atuam em um espaço onde se concentra a maior parte da população brasileira e dividem com outras organizações a prestação de serviços envolvendo pessoas e atividades distribuídas no mesmo espaço geográfico: correios, defesa civil, polícia, concessionárias de serviços públicos, universidades, empresas privadas. A implantação de um SIG na Prefeitura pressupõe o mapeamento da cidade e a manutenção de cadastros diversos. É natural que essas outras organizações tenham uma demanda pelos dados gerados pela Prefeitura. Este quadro levanta algumas questões que devem ser consideradas pela Prefeitura.

- O modelo de distribuição de dados a ser adotado. A quem distribuir? Quanto cobrar? Quais dados podem e devem ser distribuídos? Classes de dados, usuários, custos, etc..
- O padrão de troca de dados. O ideal é a definição de um padrão único brasileiro para troca de dados espaciais e não espaciais entre a comunidade de usuários.
- Metadados¹. Mapas e cadastros sem dados sobre sua origem, data de atualização, precisão forma de aquisição, perdem muito do seu potencial. Padrões como o do FGDC (Federal Geographic Data Committe), criados especificamente para a documentação de dados espaciais poderiam ser enriquecidos, adaptados e adotados pelas Prefeituras.

¹ Metadados são aqui definidos como a documentação, em formato digital, que descreve as características de uma base de dados

- Mapa padrão. A Prefeitura, em conjunto com outros usuários, deveria eleger o mapa padrão da cidade. Algumas características ajudam a torná-lo padrão de fato: garantia de atualização, ser preciso o suficiente para atender à maioria das aplicações, ser de fácil acesso – preço irrisório e nenhuma burocracia – e poder ser convertido para uso nos principais softwares. O que tem acontecido, em alguns casos, é que órgãos governamentais e a iniciativa privada encontram grande dificuldade para acessar os dados disponíveis na Prefeitura e acabam desenvolvendo mapas paralelos, normalmente mais simplificados, mas que atendem às necessidades específicas. Depois de algum tempo, teremos uma série de mapas da cidade ligeiramente diferentes entre si, fato que dificulta sobremodo a troca de dados.

Nem tudo é dever da Prefeitura prover. Entretanto, como a Prefeitura é a detentora de uma grande quantidade de dados sobre a cidade, um pouco mais de planejamento e trabalho resultará em uma redução significativa das barreiras para que a comunidade que atua no mesmo espaço geográfico tenha acesso a dados bem qualificados, em um padrão aberto e de fácil conversão.

Ainda há uma ênfase natural na porção “geográfica” do SIG. A medida na qual o SIG faz mais, em relação aos sistemas de informações tradicionais, é facilitar o tratamento de dois, dentre os muitos, atributos de um objeto: a posição e o formato. Muitas Prefeituras já possuem sistemas de informações relacionados com a arrecadação, obras, recursos humanos e orçamentos, entre outros. É importante que, aos poucos, o SIG deixe de ser um grande sistema estanque, normalmente conduzido por uma equipe específica e passe a integrar os sistemas já existentes, permitindo que o mesmos processem, além de todos os atributos já contemplados, a posição e o formato dos

objetos, A Prefeitura necessita de sistemas de informações. Estes sistemas devem processar atributos, sejam eles espaciais ou não espaciais.

Assim, os SIG's são, com certeza, poderosas ferramentas para a gestão das nossas cidades. Os produtos – hardware e software – evoluíram significativamente nos últimos anos. Entretanto, ainda são raros os SIG's com resultados concretos e positivos nas prefeituras brasileiras. SIG's são projetos não triviais, de alto custo e com resultados em longo prazo, e sugerem uma abordagem fortemente calçada no conhecimento.

4.1. METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SIG URBANO

Desenvolver um SIG é mais que simplesmente comprar hardware e software. A parte mais importante no processo de desenvolver um SIG é a base de dados. Esta tarefa demanda um longo tempo, alto custo e necessita um grande esforço em termos de planejamento e gerenciamento. Muitas Prefeituras apenas adquirem hardware e software para SIG de vendedores especializados. Assim, escolher o SIG correto para uma determinada prefeitura envolve juntar as necessidades do projeto com a funcionalidade do software SIG.

O ciclo de desenvolvimento de um SIG começa com o levantamento das necessidades onde as funções são obtidas através de entrevistas com os futuros usuários da tecnologia. Posteriormente, o levantamento das necessidades de hardware, software e dados serão conduzidos e, baseados nas informações obtidas, um planejamento detalhado do desenvolvimento do SIG deverá ser formulado.

É importante envolver os futuros usuários da tecnologia em todos os estágios do desenvolvimento do SIG. Eles irão se beneficiar disto de vários modos:

- Descrevendo suas necessidades para a análise do SIG;

- Aprendendo como que o SIG será capaz de resolver seus problemas;
- Entendendo a natureza do ciclo de desenvolvimento do SIG – o tempo envolvido e seus custos.

Usuários em potencial necessitam entender que pode ser demasiadamente demorado a implementação de um SIG desde o levantamento das necessidades até sua efetiva implementação. Principalmente dependendo do tamanho da base de dados a ser utilizada, que pode demorar vários anos para ser convertida, dependendo do tamanho da Prefeitura.

Em adição a isto, usuários e gerentes do SIG devem entender que esta é uma nova tecnologia e sua adoção freqüentemente envolve alguma incerteza que pode atrasar sua implantação, reestruturar o programa de desenvolvimento e que problemas não previstos deverão ser resolvidos. Assim, a equipe de desenvolvimento do projeto SIG deve observar este como um processo, ao invés de um projeto distinto.

Estimar e planejar o custo de um SIG não é uma tarefa muito fácil. Primeiramente, é necessário reconhecer que uma base de dados SIG será o maior custo unitário do projeto – se uma Prefeitura desenvolver todos os seus dados, isto é, não terceirizando esta etapa, seu custo pode ser da ordem de 70-80% do custo total do projeto. Assim, adquirir dados digitais de outras fontes que não da própria Prefeitura, pode ser muito interessante financeiramente. A participação, ou organização de cooperativas regionais, também pode reduzir os custos da base de dados. Quando se planejar uma base de dados SIG, os custos de manutenção ao longo do tempo devem ser estimados, assim como os custos iniciais do processo.

O ciclo de desenvolvimento de um projeto SIG é um conjunto de onze etapas começando com o levantamento de necessidades e finalizando-se com a utilização e

manutenção do sistema. Estas etapas são apresentadas como uma progressão lógica, onde cada etapa deve ser completada antes da inicialização da próxima etapa. Embora esta seja uma visão lógica, isto pode não necessariamente ocorrer. Algumas atividades no processo podem ocorrer concomitantemente, de uma maneira interativa, ou pode ser necessário reestruturá-las dependendo do tamanho e característica da prefeitura em conduzir o estudo e os recursos disponíveis para o projeto SIG. O ciclo de desenvolvimento é baseado na filosofia de que primeiro se decide o que o SIG deve fazer e então se decide como o SIG irá cumprir cada tarefa.

A figura 1 mostra o ciclo de desenvolvimento de um SIG em termos das 11 principais atividades. Antes da implementação destas etapas, a equipe técnica deve estar treinada em conceitos básicos sobre SIG.

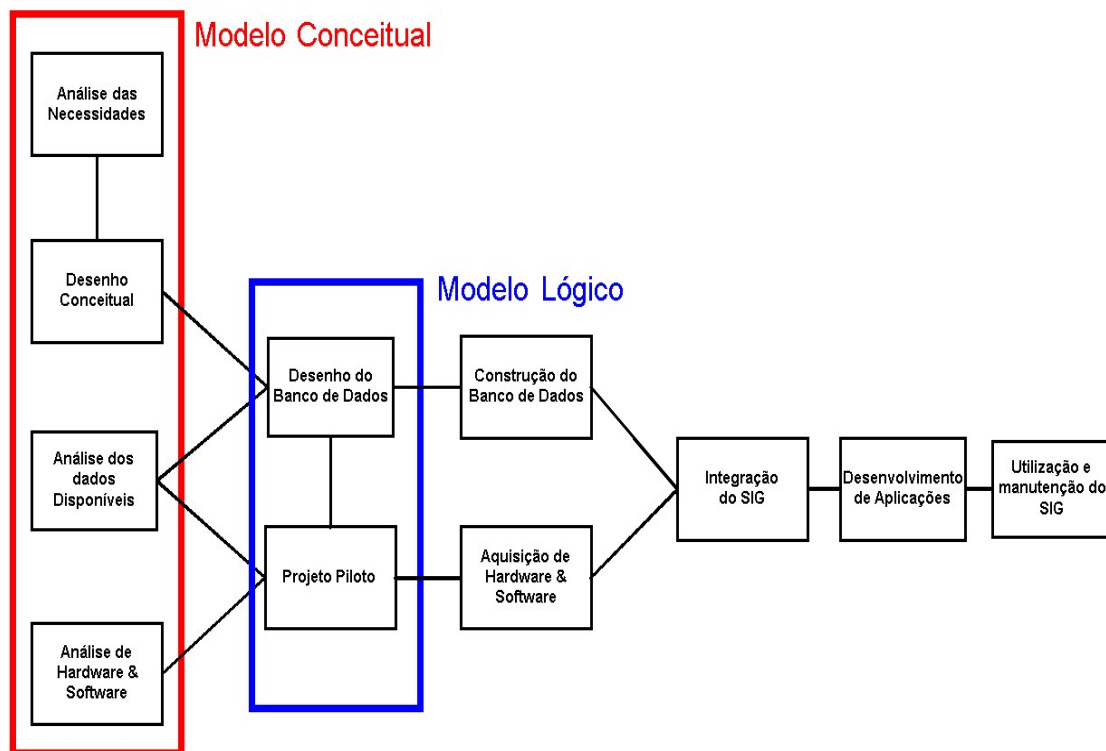


Figura 1. Ciclo de desenvolvimento de um projeto SIG, adaptado de (NCGIA, 1997)

As 11 etapas do ciclo de desenvolvimento de um SIG são :

1. Levantamento de necessidades
2. Desenho Conceitual
3. Levantamento dos dados disponíveis
4. Levantamento de Hardware e Software para SIG
5. Desenho e planejamento detalhado da base de dados
6. Construção da base de dados
7. Teste de implementação com uma área piloto
8. Aquisição de Hardware e Software
9. Integração do sistema SIG
10. Desenvolvimento de aplicações
11. Utilização e manutenção

Estas tarefas são um modo de dividir todo o conjunto de atividades que deve ser acompanhada para a construção de um projeto SIG de sucesso. Enquanto há outros modos de expressar e organizar estas atividades, esta estrutura particular foi escolhida devido a sua ênfase no desenvolvimento de dados – definição de dados, modelagem de dados, documentação, captura e armazenamento de dados, e manutenção de dados. Um ponto importante a ser observado aqui, não é a ordem que as tarefas são executadas mas, de uma maneira ou de outra, todas estas tarefas devem ser completadas para que o projeto SIG tenha sucesso.

O ponto de partida é o levantamento das necessidades. Assume-se que a prefeitura tenha decidido que um SIG possa ser justificado e que seja razoável expandir seus recursos para um futuro estudo do problema. Um levantamento final dos custos e

dos benefícios não será feito até que várias tarefas tenham sido completadas e a natureza e o tamanho do SIG resultante possa ser estimado. A seguir, cada uma das dez etapas são brevemente descritas.

4.1.1. LEVANTAMENTO DAS NECESSIDADES

A etapa do levantamento das necessidades deverá produzir dois segmentos críticos de informações:

- A lista das funções SIG que serão necessárias ao projeto;
- Uma lista principal dos dados geográficos.

Estes dois conjuntos de informações são extraídos de um conjunto de descrições de aplicações SIG, uma lista de dados mais importantes, e uma descrição dos processos de gerenciamento. Formulários padrões são utilizados para documentar os resultados das entrevistas com os usuários. As informações obtidas na atividade de levantamento das necessidades, alimentarão diretamente o desenho conceitual do SIG.

4.1.2. DESENHO CONCEITUAL

O desenho conceitual de um sistema SIG é principalmente um exercício de desenho da base de dados. Isto inclui modelagem formal (preparação do modelo de dados) da base de dados SIG planejada e as etapas iniciais das atividades de planejamento da base de dados. O planejamento da base de dados é a etapa mais importante no desenvolvimento de um projeto SIG. Ela começa com a identificação dos dados necessários e cobre várias outras atividades identificadas como modelagem inicial dos dados – identificação dos dados necessários a serem capturados, inclusão

destes dados no modelo de dados, criação dos metadados, conversão dos dados no modelo de dados, atualização e manutenção e finalmente, armazenamento dos dados de acordo com a modelagem proposta (figura 2). Uma modelagem de dados completa, facilita todas as fases de captura, manutenção e armazenamento dos dados, e tudo considerado adiante, não se tornando um problema que deve ser consertado posteriormente. O produto do desenho conceitual é o "modelo de dados" que define rigorosamente a base de dados SIG e apoia as atividades de planejamento da base de dados detalhada.

O desenho conceitual de um SIG também inclui a identificação da arquitetura básica do SIG (hardware e software a serem utilizados), estimativa de utilização (derivado do levantamento das necessidades), e a determinação do tamanho do sistema SIG. Tudo isto é feito com referência ao ambiente de processamento de dados existente que deve "interfacear" com o SIG. Esta etapa também inclui uma seção de metadados e padronização dos dados.

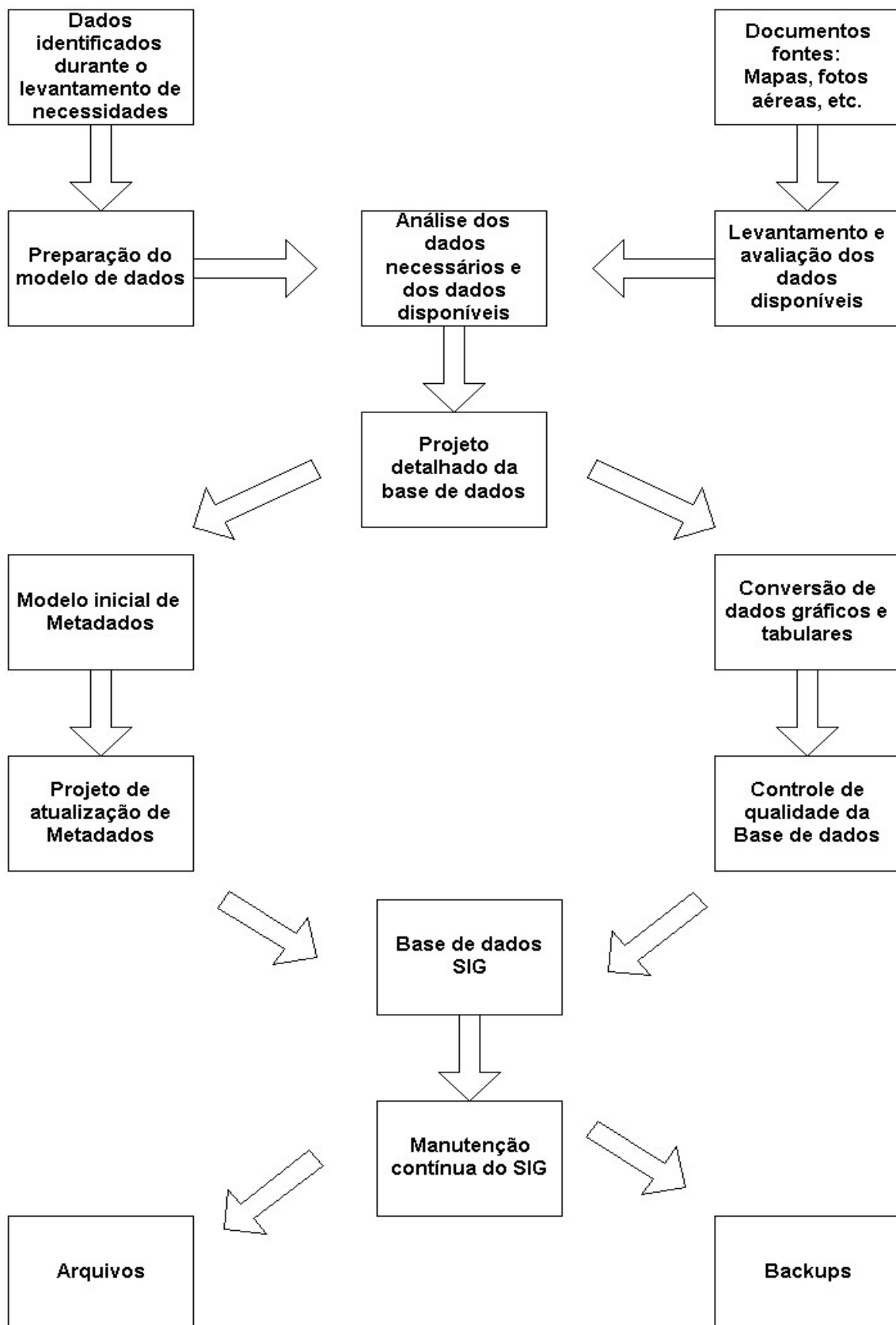


Fig. 2. Modelagem de dados de um projeto SIG, adaptado de (NCGIA, 1997)

4.1.3. LEVANTAMENTO DOS DADOS DISPONÍVEIS

O levantamento de dados disponíveis pode começar uma vez que os dados tenham sido identificados na etapa de levantamento das necessidades. Esta tarefa irá levantar e documentar os dados de mapas, tabulares e digitais dentro da prefeitura, assim como os dados disponíveis de outras fontes, como órgãos federais e estaduais, ou outras prefeituras e organizações privadas. Este levantamento pode incluir outros sistemas SIG dentro do município, os quais possam fornecer algum dado necessário. Se houver algum dado compartilhado por uma cooperativa ou outro mecanismo que utilize algum tipo de dado governamental, deve ser investigado nesta etapa.

Existe também a possibilidade de que uma ou mais empresas que desenvolvam dados para SIG estejam habilitadas a fornecer algum tipo de dado necessário. O documento preparado nesta etapa será suficiente para avaliar o potencial de cada fonte de dado a ser utilizada no SIG. A informação coletada nesta etapa também irá completar ao metadados para o SIG.

4.1.4. LEVANTAMENTO DE HARDWARE E SOFTWARE PARA SIG

Muitos programas SIG municipais irão basear-se em softwares SIG comerciais. Como resultado, um levantamento dos sistemas SIG disponíveis no mercado necessita ser conduzido. Durante esta atividade, a funcionalidade técnica de cada SIG comercial pode ser documentada para uma posterior avaliação.

4.1.5. DESENHO E PLANEJAMENTO DETALHADO DA BASE DE DADOS

A tarefa de desenho e planejamento detalhado da base de dados inclui as seguintes atividades: desenvolvimento de uma base de dados lógica e física do modelo de dados preparado anteriormente, avaliação das fontes de dados potenciais, estimativa da quantidade de dados geográficos necessários, estimativa do custo de construção da base de dados SIG e a preparação para o processo de conversão de dados. Paralelamente com o planejamento detalhado para a base de dados, estudos pilotos poderão ser executados. A informação obtida destes estudos e testes será necessária para estimar o tamanho do equipamento (espaço em disco, memória, etc.) e para determinar o quanto de desenvolvimento de aplicação será necessário. Subseqüentemente, a formação e treinamento da equipe, aquisição e instalação dos equipamentos, e o treinamento dos usuários finais deve ser executado. Depois da preparação de todas estas etapas, o custo total do SIG deverá ser conhecido.

4.1.6. CONSTRUÇÃO DA BASE DE DADOS

A construção da base de dados (algumas vezes também chamada de conversão da base de dados) é o processo de construção da base de dados digital dos dados fontes – mapas e dados tabulares. Este processo pode ter sido planejado durante a etapa anterior e a ênfase principal aqui é o gerenciamento das atividades e o controle de qualidade dos dados a serem convertidos. O processo de conversão é freqüentemente “terceirizado” e envolve grande quantidade de mapas e documentos. Um acompanhamento atuante e efetivo é um fator crítico de sucesso na conversão dos dados.

4.1.7. TESTE DE IMPLEMENTAÇÃO COM UMA ÁREA PILOTO

Teste pilotos são executados para demonstrar a funcionalidade do software SIG – simplesmente mostrando o que o software é capaz de fazer. Estes testes são úteis para demonstrar aos usuários e gerentes do projeto o que o SIG irá realizar para eles. Também, a performance dos dados do sistema SIG pode ser determinada.

4.1.8. INTEGRAÇÃO DO SISTEMA SIG

Ao invés de muitas outras aplicações computacionais, um SIG não é um sistema “plug and play”. Seus vários componentes devem ser adquiridos de acordo com as especificações documentadas. A base de dados deve ser criada de uma maneira cuidadosa e organizada. Uma vez que todos os componentes individuais tenham sido adquiridos, eles devem ser integrados e testados. Os usuários devem ser introduzidos no sistema, treinados se necessário, e deve ser providenciada a assistência necessária ao uso inicial do SIG. Partes do SIG que trabalham muito bem individualmente, podem não trabalhar muito bem quando executadas conjuntamente. A equipe técnica do SIG deve resolver todos os problemas antes que os usuários possam utilizar efetivamente o SIG.

4.1.9. DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÕES

Aplicação é um termo geral que define todas as coisas que um SIG pode fazer. Primeiramente, há as aplicações da base de dados. Estas são todas as funções necessárias para criar, editar, construir e manter a base de dados, e são usualmente executadas pela equipe técnica do SIG. Alguns usuários podem ter a responsabilidade

de atualizar determinadas partes da base de dados SIG, porém toda a base de dados deve ser controlada por um administrador da base de dados. Outras aplicações são chamadas de “aplicações do usuário”. Muitos SIG já contém algumas aplicações como parte de seu pacote, como por exemplo visualização de dados e consultas espaciais. Aplicações mais complexas ou de natureza particular devem ser desenvolvidas utilizando linguagem de programação macro. Muitos SIG possuem uma linguagem macro para este propósito, como por exemplo AML no Arc/Info e Avenue no ArcView. As aplicações necessárias a serem desenvolvidas pela equipe técnica do SIG deverão ter sido descritas durante a etapa de levantamento das necessidades.

4.1.10. UTILIZAÇÃO E MANUTENÇÃO

Depois de ser executadas todas as tarefas de criação de um SIG, pode-se dizer que a manutenção e utilização do SIG e sua base de dados irá requerer tanta atenção quanto foi necessário nas etapas iniciais. Muitas bases de dados SIG são muito dinâmicas, alterando-se diariamente, e os usuários pensam imediatamente em aplicações adicionais que gostariam de desenvolver. Procedimentos formais para todas as atividades de manutenção e atualização necessitam ser criadas e seguidas pela equipe técnica do SIG e por todos os usuários para assegurar um contínuo processo de sucesso do SIG.

5. MODELAGEM DE UM PROJETO SIG URBANO

A modelagem de um sistema de informações geográficas urbano segue, de forma geral três fases:

- a) avaliação das necessidades do sistema de informações;
- b) obtenção de suporte organizacional;
- c) administração do projeto concebido e implantado.

5.1. AVALIAÇÃO DAS NECESSIDADES DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES

Durante a avaliação das necessidades do sistema de informações busca-se compreender como uma organização desempenha suas funções. Esta avaliação é necessária para identificar os benefícios potenciais e garantir que o uso do sistema de informações geográficas será consistente com os objetivos de longo prazo da organização.

Deve-se dar atenção ao uso compartilhado de informações. Em alguns casos as informações são explicitamente compartilhadas; em outros, o uso comum das informações é dificultado pelo acesso ou pelos formatos ou precisões incompatíveis adotados pelos usuários. Deve-se também prever que novas funções poderão aparecer e que o sistema deve estar apto a suportar expansões de suas utilidades.

5.1.1. O PLANO DE LONGO PRAZO DE SIG

Os planos de longo prazo não devem exceder a períodos de cinco a dez anos. Períodos desta ordem de tempo facilitam concluir se o uso proposto do sistema está adequado aos objetivos da organização e captar recursos para a operação do sistema.

O plano de longo prazo deve abordar os seguintes aspectos:

- a) obtenção de suporte da alta administração;
- b) identificar aplicações potenciais;
- c) estabelecer prioridades de implantação de aplicações;
- d) oferecer máximos benefícios para toda a Administração Pública de forma integrada;
- e) identificar precisamente necessidades de recursos financeiros, materiais e humanos.

5.1.2. OS OBJETIVOS DO GOVERNO MUNICIPAL

Os objetivos dos governos municipais podem ser obtidos nos planos de ação dos governos municipais ou dos orçamentos anuais. Estes objetivos são genéricos e enfocam a solução de problemas que exigem soluções em longo prazo. Normalmente são estabelecidas metas para estimular o desenvolvimento econômico do município e com isso gerar recursos e condições para ocorrer aumento de empregos, melhoria de programas de ensino, de saúde e de moradia. Associado ao desenvolvimento econômico, atualmente, há preocupação com a preservação ambiental e manutenção ou melhoria da qualidade de vida dos munícipes.

5.1.3. FUNÇÕES DOS GOVERNOS MUNICIPAIS

Estas funções ou tarefas estão, em geral, definidas nas atribuições de cada componente da estrutura organizacional municipal. Entretanto, deve-se verificar os ajustes e adaptações ocorridos para adequar cada componente à realidade do dia-a-dia.

5.1.4. OBJETOS DE AÇÃO

Após a determinação dos objetivos do governo municipal e das funções de seus diversos componentes da estrutura organizacional, deve-se identificar quais são os objetos de ação destas funções. Os objetos de ação são quaisquer ocorrências físicas ou legais presentes no município.

5.1.5. ATRIBUTOS DOS OBJETOS DE AÇÃO

Os atributos dos objetos de ação são importantes para a modelagem do banco de dados do sistema de informações geográficas.

5.1.6. FONTES DE DADOS

Nesta fase determinam-se as fontes de informações necessárias para a implantação do sistema. Desenvolve-se um inventário de mapas existentes, de outras fontes de informações e de entrevistas com pessoas que usam mapas e informações para desempenhar suas funções.

SIG's consolidam e promovem o uso de informações compartilhadas por diversos usuários, dessa forma a modelagem do sistema exige que sejam pesquisadas todas as funções do governo municipal para identificar como são usados os mapas e onde são criados e atualizados. Esta pesquisa pode ser auxiliada por questionários respondidos por cada componente da estrutura organizacional, seguida de entrevistas

com os usuários dos mapas e de observação dos mapas, com a finalidade de montar um panorama de uso compartilhado de cada mapa.

5.2. OBTENÇÃO DE SUPORTE ORGANIZACIONAL

O suporte organizacional para implantação de um SIG pode ser obtido pela demonstração de que o sistema se autofinancia e que sua implantação tem como consequência o aumento de arrecadação e otimização das funções dos diversos componentes da estrutura organizacional, sem sobrecarregar os contribuintes.

5.2.1. CUSTOS E BENEFÍCIOS

Um estudo tradicional de custos *versus* benefícios que identifica e quantifica todos os custos associados com a implementação e operação do sistema e que avalia os benefícios obtidos com o tempo auxilia aos administradores municipais a decidir se o sistema será implantado ou não.

É recomendável a implantação de um projeto piloto para avaliar a performance de diversas aplicações e ajustar o sistema como um todo. Feito isso, pode-se avaliar com maior precisão a relação custos *versus* benefícios do sistema.

Outro fator importante a ser considerado é o tempo necessário para a implantação do sistema e aquele necessário para o sistema gerar resultados.

Avaliar a relação entre os custos e os benefícios decorrentes de uma implantação de um SIG deve considerar custos de equipamentos, programas, aplicativos específicos e conversão de dados e comparar este resultado com a economia conseguinte da operação do sistema.

Os custos de implantação de um SIG são elevados principalmente pelo alto custo da criação da base de dados digital. A conversão de dados analógicos em digitais é de custo muito superior ao dos equipamentos e programas de computadores. Cerca de 60 a 85% do custo total da implantação do sistema é gasto com a conversão de dados.

O custo dos equipamentos e dos programas de computadores têm caído constantemente, mas ainda são representativos no custo total.

Uma parcela considerável na composição do custo do sistema é a referente aos recursos humanos necessários para implantar e dar suporte ao SIG, que podem representar cerca de 15% do custo total.

A implantação de um SIG melhora o desempenho da organização porque o desempenho de cada função é otimizado. Dessa forma, há principalmente:

- a) redução de custos com a diminuição do tempo necessário para realizar uma função com muito mais eficiência;
- b) aumento de receita com a cobrança atualizada e racional de impostos, com a participação atualizada no orçamento da União e com a venda de serviços tais como mapas e relatórios obtidos do banco de dados do SIG.

A comparação de custos com benefícios pode ser mostrada graficamente na figura 3, comparando-se os custos operacionais da organização sem a implantação do SIG com os custos operacionais após a implantação do sistema.

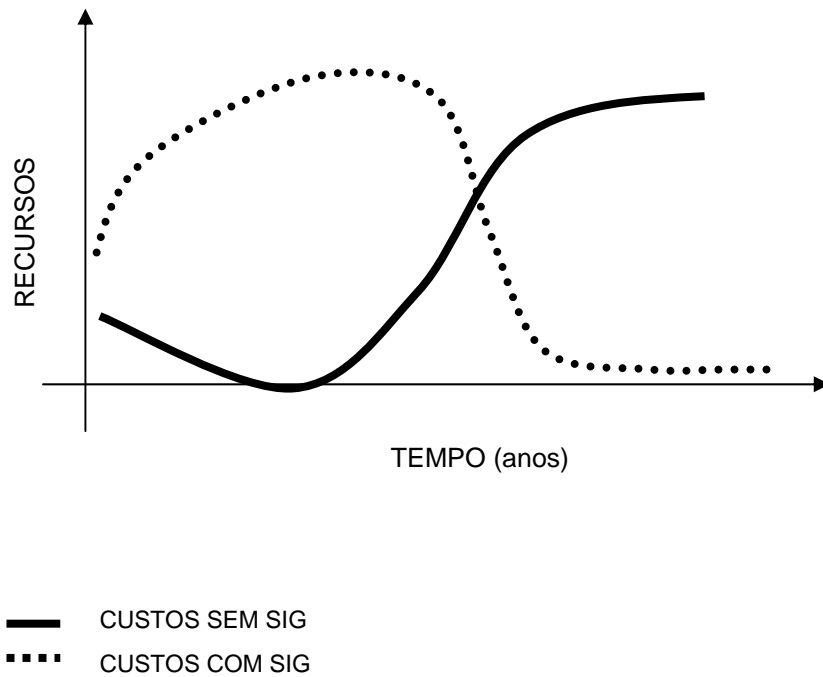


Figura 3 - Comparação entre custos operacionais de uma organização com e sem SIG (KORTE, 1995).

5.2.2. PROJETO PILOTO

Projeto piloto é uma fração do sistema de informações geográficas usada para avaliar as aplicações modeladas e demonstrar a capacidade do sistema. O custo de um projeto piloto não ultrapassa 5 a 10% do custo da implementação de todo sistema.

Durante a implantação e operação do projeto piloto busca-se avaliar as aplicações desenvolvidas, demonstrar a capacidade do sistema, definir a melhor forma de implantar o sistema, promover a aceitação dos usuários, desenvolver aplicações não detectadas nas fases anteriores e definir com maior precisão a relação custo/benefício.

5.3. ADMINISTRAÇÃO DO PROJETO CONCEBIDO E IMPLANTADO

Após a aprovação do projeto de SIG, inicia-se a fase de criação do mapa-base que será usado para as diferentes aplicações a serem implementadas. Os profissionais necessários para que o sistema opere satisfatoriamente devem ser contratados e as instalações físicas adequadas devem ser providenciadas.

5.3.1. CRIAÇÃO DO MAPA-BASE

O mapa-base dos sistemas de informações geográficas contém informações cartográficas comuns aos diferentes usuários de mapas, e é um padrão para os demais mapas.

O mapa-base é constituído com base em informações cadastrais ou planialtimétricas ou, ainda, uma combinação de ambas fontes de dados.

Informações cadastrais provêm de descrições legais das parcelas, registradas em escrituras oficiais. As informações planialtimétricas provêm da identificação física da parcela. Há diferenças significantes entre as informações cadastrais e as planialtimétricas, ou seja nem sempre a descrição legal coincide com sua materialização no mundo real.

5.3.1.1. Mapas cadastrais

Os registros cadastrais formam a base na qual uma propriedade é associada, avaliada para taxaço de impostos e classificada para oferta de serviços públicos. Os registros cadastrais consistem de mapas, documentos, arquivos analógicos e digitais e outros instrumentos legais e oficiais que contêm informações sobre o cadastro (informações legais sobre a propriedade).

5.3.1.2. Mapas planialtimétricos

O mapas planialtimétricos são criados a partir de aerofotos com retificação ortogonal ou de informações de campo. As ocorrências que podem ser vistas no mundo real são registradas em mapas planialtimétricos, tais como: meios-fios, estradas, calçadas, intersecções de vias, rios, lagos, árvores, lagos, árvores, tampas de poços de visita ou de inspeção, hidrantes, construções, pontes, até mesmo cercas ou muros (que podem ou não concordar com a descrição legal da propriedade), entre outras.

Algumas prefeituras municipais usam fotos aéreas para construir o mapa-base de seus SIG's, que constitui um arquivo de banco de dados cartográfico digital a partir de informações planialtimétricas. As informações obtidas por esta via são semelhantes àquelas contidas em um banco de dados cadastral; contudo, faltam informações referentes aos limites das parcelas. Por outro lado, bancos de dados planialtimétricos contêm informações ausentes nas informações cadastrais (topografia, meios-fios, estradas, calçadas, intersecções de vias, rios, lagos, árvores, árvores, tampas de poços de visita ou de inspeção, hidrantes, construções, pontes, entre outros).

5.3.1.3. Mapa-base planialtimétrico com sobreposição cadastral

Outra alternativa é o uso de uma combinação de informações planialtimétricas e cadastrais para criar o mapa-base de um SIG urbano. Neste caso, monta-se uma parte do mapa-base com informações provenientes de ortofotos que são complementadas com informações cadastrais legais referentes aos contornos das parcelas. Este procedimento, em princípio é eficiente e eficaz; contudo, na prática é trabalhoso e demorado. Na sobreposição de informações planialtimétricas e cadastrais, pode ocorrer que os contornos das parcelas, em alguns casos, interceptam os limites das edificações, dentre

outras ocorrências que consomem precioso tempo para interpretação e tomada de decisão de como contorná-las.

O mapa-base pode ser convertido de mapas analógicos para digital através de digitalização de imagens raster obtidas por leituras de scanners ou pela digitalização de mapas em mesas digitalizadoras. Outra alternativa é a utilização de mapas digitais disponibilizados por empresas privadas ou agências governamentais.

5.3.2. RECURSOS HUMANOS

De forma genérica, existem dez funções específicas que devem ser desempenhadas por profissionais:

- **administrador**

é responsável pelo pessoal que opera o sistema e pelo sistema após sua implantação. Este profissional entende como este sistema pode melhorar o desempenho de toda organização e monitora todos departamentos usuários para garantir o alcance das metas estabelecidas. Durante a fase de estudos do sistema o administrador executa tarefas de educação do pessoal não técnico e divulgação dos benefícios do sistema. Durante a implantação do projeto piloto, conversão de dados e do estágio de implementação, o administrador deve coordenar recursos e administrar o plano de trabalho do projeto;

- **analista**

desenvolve aplicativos que atendam às necessidades dos usuários;

- **administrador do sistema**

garante o funcionamento do sistema eficientemente e eficazmente. Este profissional avalia o desempenho do sistema e desenvolve tarefas para mantê-lo operando com a maior produtividade possível. É sua função buscar a melhor configuração entre os diversos programas e aplicativos, promover a atualização dos programas e aplicativos, manter os equipamentos compatíveis com as necessidades dos usuários e dos programas e aplicativos. Periodicamente este profissional realiza a cópia de segurança de todos os dados do sistema;

- **programador**

converte as aplicações específicas preparadas pelo analista em programas amigáveis para os usuários. O programador também auxilia no desenvolvimento de novos bancos de dados para aplicações adicionais;

- **processador**

é o usuário altamente capacitado que domina as capacidades do hardware e software do SIG e pode usá-los para produzir produtos específicos para os demais usuários;

- **administrador do banco de dados**

organiza as informações geográficas e não geográficas para garantir que o projeto lógico dos bancos de dados esteja adequado às exigências do armazenamento físico dos dados e do programa gerenciador de banco de dados;

- **cartógrafo**

auxilia na melhoria da apresentação de informações gráficas, desenvolve simbologia e estabelece padrões para apresentação de mapas para distribuição geral;

- **desenhista**

é importante no projeto piloto e durante conversão de dados para compilar e integrar dados cartográficos de fontes diferentes, preparando-os para o processo de conversão analógico-digital;

- **digitalizador**

converte dados analógicos em digital; e

- **usuário final**

usa a capacidade do sistema para extrair informações úteis para desenvolver análises, avaliações e simulações. Este profissional deve ser treinado para conhecer os limites do sistema para prevenir falsas expectativas.

5.4. FASES DE UM SIG EM UMA ORGANIZAÇÃO

5.4.1. FASE DE ESTUDO

O SIG permeia toda organização que desenvolve suas funções segundo padrões estáveis estabelecidos há algum tempo, conseqüentemente, esta nova ferramenta gera

uma aparente instabilidade na execução destas funções, que deve ser atenuada com educação e treinamento.

Nesta fase ainda não se tem uma organização formal associada ao SIG o que torna conveniente a criação de uma comissão que controlará a evolução da implantação do SIG desde a avaliação das necessidades do sistema, passando pela implantação do projeto piloto e pela conversão dos dados. Este procedimento auxilia no desenvolvimento integrado do sistema e na sua aceitação por toda organização.

5.4.2. FASE DE IMPLEMENTAÇÃO

Nesta fase são necessários analistas, programadores, desenhistas e processadores para atender ao progresso da implantação do sistema. A organização do pessoal deve ser formalizada na estrutura organizacional municipal e a comissão criada especificamente para acompanhar a evolução deste projeto deve acompanhar rigorosamente o desenvolvimento de cada tarefa.

5.4.3. FASE OPERACIONAL

A comissão criada especificamente para acompanhar a evolução do projeto perde sua função nesta fase. Agora, o administrador está incorporado na estrutura organizacional municipal e o sistema está sob sua responsabilidade.

A principal tarefa na fase operacional é manter o sistema atualizado, seguro e promover a coerência dos bancos de dados. Os profissionais mais importantes nesta fase são o administrador, o administrador de banco de dados, o cartógrafo, o programador e o administrador do sistema.

Os objetivos do plano de longo prazo são revistos periodicamente para adequá-lo às novas administrações municipais que se sucedem.

6. ASPECTOS QUALITATIVOS NA IMPLANTAÇÃO DE UM SIG MUNICIPAL

ARONOFF (1990) considera que um SIG fornece os meios através dos quais a informação geográfica pode ser usada para uma grande variedade de aplicações e por usuários com muita diversidade de habilidades. Para que esses dados possam ser usados no processo de tomada de decisão, sua qualidade deve ser conhecida fidedignamente. Setores das administrações públicas encarregados da produção e disseminação da informação geográfica devem estar cientes das questões de responsabilidade que podem surgir quando seus dados são utilizados. É o gerenciamento de uma estrutura SIG que determinará a qualidade da informação e a extensão de sua distribuição.

As Administrações podem ser tão grandes quanto uma agência nacional de mapeamento ou tão pequenas quanto uma única comunidade rural. As considerações específicas que se tornam críticas diferirão, mas o alcance das questões enfrentadas por cada um são basicamente as mesmas. A lista de questões que têm sido identificadas na literatura e discutidas entre os praticantes é realmente longa. A parte da impraticabilidade de recontar as causas de sucessos e fracassos passados, tal lista não seria provavelmente muito útil. Ao invés disso, ARONOFF (1990) apresenta uma estrutura para implementação, a qual é considerada como todo o processo de transferência de tecnologia, desde quando uma organização se torna consciente da tecnologia SIG, até quando esta é adotada. “Adoção” é usada por ele para significar que uma organização incorporou o SIG em suas operações e utiliza-o regularmente quando apropriado às suas atividades diárias.

A implementação é vista por este autor como um processo de seis fases:

1ª Fase – Conscientização:

As pessoas dentro da organização se tornam cientes da tecnologia SIG e os benefícios potenciais para sua organização. Os usuários do SIG se tornam conhecedores da tecnologia, sem ainda utilizá-la;

2ª Fase – Desenvolvimento dos requisitos do sistema:

A idéia que um SIG poderia beneficiar a organização é formalmente reconhecida e um processo mais sistemático e formal é instituído para coletar informações sobre a tecnologia e para identificar os usuários potenciais e suas necessidades. Uma análise formal das necessidades é freqüentemente feita neste estágio.

3ª Fase – Avaliação do sistema:

Sistemas alternativos são propostos e avaliados. O processo de avaliação leva em conta a análise das necessidades da fase anterior. No final desta fase, uma decisão formal deve ser feita a respeito de se prosseguir ou não com a aquisição do SIG.

4ª Fase – Desenvolvimento de um plano de implementação:

Tendo tomado a decisão de prosseguir com a aquisição de um sistema, um plano é desenvolvido para adquirir o equipamento necessário e contratar o pessoal, fazer mudanças organizacionais e financiar o processo. O plano pode ser um documento formalmente aceito ou uma série de ações mais ou menos informais.

5ª Fase – Aquisição do sistema e inicialização:

O sistema é adquirido e instalado, o pessoal treinado, a criação da base de dados iniciada e os procedimentos de operação começam a ser estabelecidos. A criação da base de dados é geralmente a parte mais onerosa do processo de implementação. Atenção considerável é necessária para estabelecer controles apropriados de qualidade

dos dados para assegurar que os dados introduzidos atendem aos padrões estabelecidos e que procedimentos adequados de atualização são implementados para manter a atualidade e integridade da base de dados;

6ª Fase – Operacional:

Até este estágio a automação inicial da base de dados está completa e os procedimentos de operação foram desenvolvidos para manter a base de dados e prover os serviços de informação que a organização requer. Nesta fase procedimentos são desenvolvidos para manter a estrutura SIG e os serviços de melhoria do hardware e software, tal que o SIG continue a dar suporte às necessidades de informação da Administração, que estão mudando. Questões operacionais, relativas às responsabilidades da estrutura SIG prover serviços necessários e garantir padrões de desempenho, tornam-se mais proeminentes.

Em resumo, as questões que surgem em cada um destes estágios têm um componente técnico e um organizacional. Uma organização pode adquirir uma estrutura operacional de SIG de diversas maneiras. Estas variam desde a contratação de todos os serviços e a não aquisição de qualquer hardware e software para SIG, até a compra de um sistema completo de SIG, ou mesmo o desenvolvimento na própria organização de todo um conjunto de componentes de hardware e software.

Para ARONOFF (1990) atenção deve ser focalizada no componente mais oneroso da implementação do SIG, ou seja, a base de dados, a qual representa 75% ou mais do montante total. Ainda segundo ARONOFF (1990) a construção da base de dados comumente custa de 5 a 10 vezes o preço de hardware e software somados. Entretanto, a base de dados é um investimento e torna-se ainda mais valiosa com o passar do tempo, enquanto que o hardware e software se depreciam. A manutenção da

base de dados deve começar imediatamente após esta ter sido criada. As especificações da base de dados e os procedimentos de análise determinarão a qualidade dos produtos a serem gerados.

O sucesso de um SIG, segundo ARONOFF (1990), dependerá das pessoas (“peopleware”) que o implementa. São o seu entusiasmo e o seu engajamento que permitirão a continuidade do projeto, apesar dos inevitáveis tropeços e retrocessos. Gerenciar o processo é crítico. Grupos de usuários devem ser coordenados, o desenho detalhado da base de dados deve ser completo, compras de equipamento, treinamento e serviços de contratação devem ser gerenciados. O plano de implementação deveria definir o grupo ou grupos dentro da organização que serão responsáveis pela implementação e operação do SIG. As funções do pessoal do SIG são: gerente do sistema, gerente da base de dados, programadores e analistas de sistema e pessoal de digitalização de digitação de dados.

A importância da venda contínua dos benefícios da estrutura SIG não deveria ser subestimada. Manter o apoio político é a chave para se manter o apoio financeiro e a cooperação necessárias para a complementação do projeto, conclui ARONOFF (1990).

6.1. TRANSFORMAÇÕES ORGANIZACIONAIS: A NATUREZA POLÍTICA DE UM SIG

O projeto e a implementação de um SIG é uma atividade de longa duração. Segundo ARONOFF (1990) todo o processo, desde quando uma organização se torna ciente da tecnologia pela primeira vez, até quando o sistema finalmente está operacional, comumente leva um ano ou mais. Para os não iniciados, a aquisição de um SIG se centra em questões técnicas de sistema computacional (hardware e software),

requisitos funcionais e padrões de performance. Mas a experiência tem mostrado que, por mais importantes que essas questões possam ser, elas não são as que no final determinam se a implementação do SIG será um sucesso ou fracasso.

As questões responsáveis pelas falhas na implantação são quase sempre problemas humanos e não tecnológicos, alerta ARONOFF (1990). Isso é de se esperar, pois é a tecnologia que tem uma existência concreta. Em princípio, as capacidades da tecnologia podem ser racionalmente avaliadas por meio de um teste físico. Espera-se que os resultados possam ser repetidos. Se o usuário puder produzir um certo mapa uma vez, o mesmo procedimento provavelmente o produzirá novamente. Mesmo as falhas imprevisíveis de sistema podem ser antecipadas e as contingências planejadas. Entretanto, as decisões que as pessoas tomam não são previsíveis. As pessoas são influenciadas significativamente não apenas pelos fatos relativos à tecnologia, mas também pelo contexto da situação. Um conflito de personalidades, ou uma luta pelo poder, podem reverter uma decisão aparentemente lógica. Não significa que as decisões tomadas pelas pessoas não têm lógica, mas que as pessoas envolvidas tem múltiplos objetivos. Os participantes de uma decisão comumente operam com várias agendas diferentes que podem mudar abruptamente. Onde quer que as pessoas interajam, há política.

A implementação de um SIG é onde a tecnologia e as pessoas se encontram. Uma das razões para a complexidade do processo de implementação é que ele é, necessariamente, político. São as pessoas na Administração que adotam e aprendem a usar uma nova tecnologia. Ao fazer isso, a Administração por si só é mudada. Os fluxos de informação são deslocados, e diferentes pessoas exercem diferentes graus de controle sobre a informação, sua distribuição e uso. Ao fazerem isso, elas exercitam o poder. Informação é poder e o poder da informação vai para a Administração cujo orçamento a

gera e a controla. A tecnologia computacional é política, no que o controle sobre os sistemas centralizados de informação tende a aumentar o poder dos administradores e especialistas técnicos que os controla, em detrimento daqueles a quem falta a especialização para utilizá-los efetivamente.

Por essa razão, há uma forte tendência de que cada departamento queira controlar sua própria informação. Quando o departamento de obras públicas de um município tem os únicos mapas atualizados de infra-estrutura pública, os funcionários daquele departamento podem exercer controle sobre o acesso e uso daquela informação, mesmo se lhes for solicitado acesso pelos outros departamentos. Entretanto, se aqueles mapas forem disponibilizados em um SIG, então qualquer usuário com privilégios de acesso pode usar a informação diretamente. Controle informal prévio e a revisão dos pedidos de informação podem ser perdidos quando a informação não tiver que ser mais requisitada a partir de uma única fonte. Pode também ser mais difícil negar acesso ou esconder algum tratamento diferencial.

Dados gerados por computador são uma ferramenta política potente no seu poder de influenciar, comenta ARONOFF (1990). Os que elaboram planos e políticas e o público em geral, consideram as informações geradas por computador mais exatas, verossímeis e objetivas, simplesmente porque são geradas por computador. A linguagem técnica que cerca a preparação, o uso e a avaliação dos dados computadorizados, tende a ser neutra, não expressando nenhum valor particular ou tendência política. Isso tende a predispor o ouvinte a ver os dados gerados por computador como mais autorizados que a informação comparável gerada de uma maneira não computadorizada. É claro, há também aqueles que desacreditam a informação se ela for gerada por computador.

Os computadores e as técnicas analíticas associadas são freqüentemente considerados como ferramentas objetivas e não tendenciosas nas mãos de especialistas técnicos neutros, não tendenciosos e não políticos. Na realidade, os dados computadorizados e as técnicas de análise estão sujeitas aos mesmos tipos de tendências políticas e inexatidões que outros dados. As tendências entram na seleção dos dados a serem incluídos, os métodos analíticos a serem utilizados, e a maneira que os resultados são apresentados. Estas escolhas são inerentemente políticas porque elas influenciam a análise dos resultados, a percepção das questões, e o alcance das soluções potenciais. Um uso astuto dos computadores pode efetivamente esconder escolhas políticas por baixo de um manto de análises técnicas mitificadoras (KLOSTERMAN, 1987 *apud* ARONOFF, 1990).

A mera conversão da informação para a forma digital pode ter implicações dramáticas. A informação sobre a propriedade, que é disponível publicamente na forma de documentos manuscritos, pode ser usada de uma maneira inteiramente diferente se os mesmos dados estiverem em forma digital.

De acordo com ARONOFF (1990), a introdução de um SIG mudará os sistemas existentes de gerenciamento da informação. Na maioria dos casos, no momento em que uma organização considerar um SIG, esta já tem alguma forma de sistema de informação baseada em computador instalada. O sistema pode não manusear adequadamente a informação espacial, mas ele dá suporte a algumas necessidades operacionais. O sistema existente é também aquele com o qual os funcionários estão familiarizados e ele provavelmente reflete a estrutura, os valores, a filosofia de gerenciamento da organização. A não ser que o sistema existente seja totalmente inadequado, a introdução de um SIG deve ser integrada com o sistema de informação existente. Algumas funções que estejam duplicadas serão eventualmente relegadas a um

sistema ou a outro. Entretanto, é importante coordenar o processo de integração tal que a operação da organização durante a transição não seja comprometida.

É verdade quando Aronoff afirma que a introdução de nova tecnologia mudará uma organização de maneira que não se pode prever inteiramente. A atenção é geralmente focalizada nas mudanças desejadas e em suas ramificações, mas haverá numerosas mudanças organizacionais sutis mas significativas também. Por exemplo, se pessoal adicional for contratado para operar o equipamento de SIG, seus salários podem ser significativamente maiores do que os dos gerentes sob os quais eles trabalharão. Estes tipos de mudanças são estressoras dentro da organização e podem facilmente resultar em não cooperação.

Similarmente, disputas e rivalidades podem se desenvolver entre departamento em uma organização quando a responsabilidade pela coleta e manutenção dos dados é “racionalizada” e um departamento perde controle sobre “seus” dados. Estresses como esses ocorrerão um momento em que a organização já estará estressada. A organização freqüentemente não tem pessoal suficiente para dar conta do trabalho extra, requerido ao se introduzir um SIG. Tipicamente há insuficiente habilidade de lidar com a nova tecnologia., financiamento menos que ótimo e, qualquer financiamento que seja fornecido pode ser planejado para uma duração muito curta. ARONOFF (1990) sugere que, ao invés de esperar que a responsabilidade seja forçada externamente, as organizações deveriam tomar a iniciativa de antecipar e lidar com estas questões quando implementarem um SIG.

Durante o processo de implementação de um projeto SIG, é necessário ter bem explícitos os objetivos e a filosofia da própria organização, de tal maneira que o sistema a ser implantado esteja em sintonia com o que se pretende atingir a curto, médio e longo prazos, o que pode requerer uma análise de custo-benefício, de modo a sensibilizar e

convencer o Prefeito ou seus secretários. Seminários técnicos, com abordagem geral e linguagem simplificada, constituem-se em uma maneira de fornecer subsídios aos membros administrativos e gerenciais da Administração Pública para uma melhor disseminação junto aos demais elementos.

A fim de esclarecer melhor a estrutura do SIG, uma maneira eficaz é apresentar seus módulos constituintes e as relações entre os mesmos e procurar, assim, demonstrar a contribuição que se espera de cada membro da equipe na efetiva implementação.

7. SOFTWARES SIG

Sistemas de Informações Geográficas tem agora várias publicações voltadas para o assunto com conferências semanais (BORROUGH, 1989). O processamento computacional tem sido aplicado aos problemas geográficos há bastante tempo e tem causado diferentes e importantes impactos nos mais diversos grupos que investem bastante recursos nesta tecnologia. As definições alternativas no campo dos SIG's são discutidas para diferenciá-lo de outras formas de mapeamento e análise digital automatizada.

Desde quando os primeiros SIG's fizeram usualmente os primeiros trabalhos com mapeamentos computadorizados, havia a noção clara de que eram trabalhos como hoje feitos com simples automação de produção de mapas. TOMLINSON (1982), declarou que era o processamento entre muitas informações de muitos campos que utilizam técnicas de análise espacial.

A definição de CLARKE (1986), dizia que o SIG é um sistema assistido por computador para capturar, armazenar, analisar e mostrar os dados espaciais. Esta definição vaga prestou um desserviço a todos os campos de aplicação de SIG.

A abordagem do processo orientado foi um dos avanços na análise de dados espaciais nos anos 70, originariamente utilizado por TOMLINSON e BOYLE (1981). A informação consiste em vários subsistemas integrados que ajudam a converter dados geográficos em informações. As vezes os usos das informações necessárias não implicam que a automação seja envolvida em todo o processo. Logicamente o sistema inteiro necessita procedimentos de input e armazenamento, entre outros, mas cada subsistema é determinado pela habilidade no uso da informação. O tipo de informação

categorizada também é considerado como uma forma de processo orientado, como as classificações por recursos naturais, sistemas urbanos e planejamento. Uma área de grande crescimento é o campo de registros do solo, cadastro com vários propósitos e sistemas que usem parcelas individuais com base na construção dos blocos.

A caixa de ferramentas usada pelo SIG deriva da idéia de que o sistema incorpora um sofisticado conjunto de algoritmos e procedimentos baseados no computador para manusear dados espaciais. Foram delineadas por TOMLINSON & BOYLE (1981), as funções dos softwares para SIG. Estas ferramentas eram organizadas de acordo com as necessidades de cada subsistema do processo orientado (entrada, análise ou saída). Implica como sendo todas as funções representadas para trabalhar eficientemente a transferência de uma variedade de tipos de dados geográficos para o sistema e deixá-los à mão para o usuário final. O SIG é definido como sendo um sistema que usa um banco de dados espacial para prever respostas as indagações de natureza geográfica.

O SIG genérico pode ser visto como um número de rotinas especializadas em um sistema gerenciador de banco de dados relacionais. Algumas das pesquisas mais importantes em SIG estão agora concentradas no projeto e otimização dos sistemas gerenciadores de banco de dados para ligar a informação da coordenada geográfica com os atributos ou variáveis associadas com as entidades geográficas. Visto sob uma ótica conceitual, questões relativas a um projeto de banco de dados são mais ligadas com a performance do sistema que com sua função essencial.

Os argumentos sobre o uso de células em grid (raster) *versus* polígonos (vector) hoje estão baseados mais em questão de representação que em substância. Quanto às entradas e saídas dos sistemas, o maior problema se refere aos tipos diversos de computadores utilizados. O caminho mais apropriado para alcançar o objetivo é

verificar o conjunto de dados do sistema e fazer uma revisão dos tipos de questões que o sistema poderá responder em cada estágio do processo.

Para a captura dos dados, o primeiro passo no processo de automação dos dados geográficos consiste em transformar os modelos analógicos dos objetos da superfície da Terra em formatos legíveis pelo computador. Os mapas são a fonte principal de dados para a construção dos blocos para o processamento dos dados espaciais. Os mapas são a representação bidimensional da superfície da Terra, existindo uma transformação de todas as entidades geográficas em seus elementos equivalentes da geometria plana: ponto, reta e polígono.

Conceitualmente, o processo de digitalização de mapas é um exercício de transferência destes objetos em formatos legíveis pelas máquinas. Outra fonte de dados geográficos é a captura direta das imagens da Terra, seja através de fotografia aérea ou dados espectrais vindos dos satélites. Assim, as entidades geográficas podem ser capturadas de mapas ou imagens e, em seguida, representadas por pontos, linhas, polígonos ou uma matriz de números.

A questão mais importante da captura de dados é a escala, resolução e eficiente armazenamento das entidades espaciais com respeito ao uso dos dados.

Em muitos casos mapas e imagens são convertidos em formato digital simplesmente para uma visualização. Nas aplicações cartográficas, entidades gráficas são traçadas eletronicamente de mapas existentes como anotação adicional. São operações análogas ao CAD. Diferentes tipos de elementos geográficos são colocados em níveis individuais e são combinados e impressos em diferentes cores e estilos de linhas para gerarem o produto final. O conceito é o mesmo, os sistemas CAD têm muito mais versatilidade em termos de funções e de display do que os métodos das separações fotográficas usadas nos mapas topográficos, e podem ser editados e substituídos. Apesar

disso, os sistemas CAD têm limitações severas na parte de análise dos dados, principalmente a ligação dos atributos da entidade geográfica com o banco de dados (COWEN, 1983). As hachuras nos polígonos são exemplos típicos da diferença de um CAD para os sistemas SIG's. CAD não faz a hachura baseada no banco de dados. Em resumo, o CAD é meramente um sistema gráfico.

A dependência da criação manual de um banco de dados é a base da diferenciação de um SIG para um sistema de mapeamento computadorizado. O que se espera de um SIG é a criação de banco de dados, visto como o armazenamento, recuperação, análise e geração de relatórios requeridos. Atualmente, os SIG's criam novas informações, além das que tinha recuperado previamente das informações codificadas. A habilidade de sintetizar automaticamente todos os níveis existentes dos dados geográficos e substituir as entidades espaciais do banco de dados é a chave do funcionamento dos sistemas SIG's.

A procura especial e “overlay”, são operações únicas realizadas apenas por SIG. Os cálculos envolvem a manipulação de matrizes analogamente a uma cena LandSat. Em ambos os casos as informações são pré-processadas para gerar cada uma das informações necessárias ao SIG. A incorporação de imagens de sensoriamento remoto ao SIG parecem tornar este campo mais um input do SIG. Um dos mais importantes aspectos dos SIG é o “polygon overlay process” que é o mecanismo que coloca o SIG no principal contexto das pesquisas geográficas. As questões normalmente colocadas para o SIG se resumem na procura das regiões que cobrem as situações procuradas. Estas regiões são sempre representadas nos mapas por generalização de polígonos na superfície da Terra. As operações com SIG estão restritas apenas aos polígonos ou aos “overlays” de grid de células.

A definição funcional de uma matriz geográfica como ligação com o SIG nos permite colocar as informações geográficas nas linhas e colunas de uma matriz de infinita dimensão ordenando ali os locais e as características daquele local. Pode-se fazer a análise particular de uma coluna ou de uma linha particular, representada como o uso do solo na matriz. No contexto de processamento dos dados, isto fica reduzido a uma recuperação do banco de dados de um arquivo. Similarmente, associações espaciais são a forma do “polygon overlay” cobrir um número de locais (colunas) ou duas linhas inteiras da matriz. Desta forma, o SIG pode então ser considerado uma grande ferramenta para o gerenciamento e um grande sistema para suporte às decisões.

7.1. QUALIDADE DE SOFTWARE

A qualidade de um produto ou de um serviço é sempre avaliada com relação à alguma expectativa que o cliente formula, ou seja, em relação a uma determinada referência.

No contexto mais geral pode-se citar a definição dada por JURAN (1993) *apud* MELNIKOFF (1995): “A qualidade de um produto é a sua conformidade para o uso”.

O autor também define a qualidade de software como sendo:

- A totalidade das características de um produto de software que lhe conferem a capacidade de satisfazer certas necessidades;
- O nível de atendimento, pelo software, de uma combinação de atributos desejados;
- O nível de observação, pelo cliente ou usuário, do atendimento de um conjunto de expectativas;

- Um conjunto de características de software que determinam o nível do software em uso, em relação ao atendimento das expectativas do cliente.

Assim, nota-se o estabelecimento de um padrão contra o qual a qualidade é avaliada, expresso em termos do tipo conformidade, necessidade, atributo e expectativas.

Para se obter um software de boa qualidade é necessário, portanto, explicitar inicialmente a referência para a sua avaliação. Na área de Engenharia de Software, essa referência é formulada através do documento de especificação de requisitos de sistema, que define as características (requisitos) do sistema a ser implantado.

Para a elaboração deste tipo de documento, deve-se considerar que o funcionamento de um sistema computacional, destinado para uma certa aplicação, envolve geralmente os seguintes elementos:

- Software
- Hardware
- Pessoal
- Documentação
- Procedimentos

Entende-se por software, o conjunto de programas, de dados e de base de dados necessário para que o sistema cumpra a sua finalidade dentro do contexto da instituição, e a respectiva documentação sobre a descrição do seu funcionamento.

Entende-se por hardware a infra-estrutura sobre a qual vai ser implantado o software, incluindo equipamentos processadores, dispositivos de interface homem-máquina, dispositivos de entrada e saída, redes de comunicação, etc..

O pessoal envolvido no funcionamento do sistema inclui os usuários diretos e indiretos, ou seja, aqueles que acessam diretamente o sistema ou aqueles que utilizam as informações do sistema.

A documentação do sistema se refere aos manuais, formulários ou outras informações necessárias para a operação ou uso do sistema.

Os procedimentos estabelecem uma série de seqüências para o uso do sistema. São exemplos, os procedimentos de iniciação, de recuperação de falha e da execução do backup.

O documento da especificação dos requisitos do sistema deve fornecer uma definição, a mais precisa possível, do objetivo e do escopo do sistema a ser obtido. Para isto, é necessário levantar os seguintes tipos de informação:

- A finalidade do sistema dentro do contexto da instituição
- As funções do sistema
- As características do sistema, tais como desempenho, tolerância a falhas, volume de informação a ser armazenada;
- Tipo de usuários e operadores e as respectivas visões em relação ao sistema.

Este conjunto de informações levam a compor o documento de especificação de requisitos de sistema através da definição de:

- Software necessário para desempenhar as funções identificadas; o software pode ser totalmente desenvolvido ou adquirido, ou ainda obtido pelo desenvolvimento parcial e aquisição de pacotes;
- Hardware adequado para fornecer suporte ao software definido;

- Características desejáveis da interface homem-máquina, em função do perfil dos usuários;
- Procedimento de uso do sistema nas diversas condições de operação.

O estabelecimento dos requisitos de sistema, no entanto, não é uma tarefa trivial, pois muitas vezes é difícil explicitar as características do sistema quando ele ainda não existe. Também, as características de um sistema, definidas com referência a um processo manual, não são apropriadas por não estar considerando os recursos fornecidos pela automação. Além disso, pode ocorrer que, em certos casos, o usuário final não é a pessoa que solicita o desenvolvimento; em outros casos, os requisitos estabelecidos inicialmente nem sempre representam a real necessidade em relação ao contexto em que o sistema vai ser inserido.

Os problemas mais freqüentes encontrados em relação ao levantamento dos requisitos são:

- Não alocação do tempo suficiente para a análise de requisitos;
- Não existência de todas as informações necessárias durante a análise de requisitos;
- Desconhecimento do usuário das reais necessidades;
- Definição dos requisitos baseados apenas nas necessidades imediatas;
- Análise do sistema realizada isoladamente do ambiente onde vai ser instalado o sistema;
- Mudança dos objetivos e, portanto, dos requisitos ao longo do desenvolvimento;
- Definição dos requisitos feita apenas por um grupo parcial dos usuários.

Um sistema obtido a partir dos requisitos levantados, sob uma ou mais condições citadas, pode trazer resultados não satisfatórios em relação à sua utilização efetiva.

A melhoria da qualidade do sistema e, portanto do software, através dos requisitos, requer a educação ou a reeducação dos usuários, dos analistas e dos projetistas, para o estabelecimento inicial e o acompanhamento dos requisitos ao longo da obtenção do sistema.

Uma vez definidos os requisitos de sistema, os requisitos de software podem ser estabelecidos de uma forma mais precisa, podendo-se gerar o documento de especificação de requisitos de software. Este documento contém as funções e as características do software e constitui, juntamente com a especificação de requisitos de sistema, o ponto de partida para o desenvolvimento de software com qualidade. Mesmo para o caso da aquisição de software, o conteúdo deste documento mostra a necessidade inicial do software, permitindo sistematizar a seleção de produtos existentes no mercado.

Uma vez obtido o sistema, a sua utilização também deve ser planejada e controlada, com o treinamento dos seus operadores e seus usuários, a definição dos procedimentos de utilização e do responsável pelo sistema.

7.1.1. QUALIDADE NA AQUISIÇÃO DE SOFTWARE

Em muitos casos, o processo de obtenção do software deve incluir a avaliação dos produtos existentes no mercado para identificar os componentes que vão ser desenvolvidos e adquiridos.

No caso de aquisição, o seu processo se caracteriza pelo estabelecimento dos requisitos do produto e dos critérios de aceitação, uma vez que a seleção será feita sobre as informações dos produtos, sem entrar no mérito do seu processo de desenvolvimento.

MELNIKOFF (1995) e GRAÇA (1994) apresentam os seguintes aspectos relevantes ao processo de aquisição de software:

- Especificação do sistema e do software;
- Levantamento dos produtos alternativos;
- Avaliação dos produtos alternativos;
- Aceitação do software.

A especificação dos requisitos de sistema e de software se procede dentro da mesma filosofia apresentada no processo de desenvolvimento. Além disso, deve-se preparar, juntamente com a especificação de requisitos, os critérios para a avaliação dos produtos, classificando-se os requisitos em relação à sua importância no funcionamento do sistema. Estes critérios vão orientar a seleção da alternativa mais aderente à aplicação, dentre os diversos produtos que apresentarem as características básicas comuns e uma série de características alternativas próprias.

O levantamento dos produtos candidatos será feito baseado na documentação do produto (catálogos, especificações técnicas, manuais do usuário, entre outros), ou através das informações fornecidas pelos usuários do produto ou pelos consultores.

O plano da demonstração deve ser padronizado, para que os produtos dos diversos fornecedores possam ser comparados segundo as características realmente relevantes. Os casos de testes devem ser previstos para comparar as funções de software, as telas, os relatórios e o acesso às informações armazenadas, entre outros. A configuração dos equipamentos exigida pelo produto que está sendo avaliado deve ser

registrada. É recomendável fazer uma avaliação do funcionamento dos produtos em relação à documentação do fornecedor para verificar a sua compatibilidade. A avaliação dos produtos pode incluir também algum tipo de atributo de qualidade.

Após a seleção, faz-se recomendável uma aceitação formal, utilizando-se um roteiro que deve cobrir os aspectos avaliados durante a seleção e mais aqueles específicos do produto, ou aqueles levantados posteriormente à seleção. Estes testes devem ser realizados nos equipamentos definitivos onde o software vai ser executado, para se ter uma avaliação realista do produto, em relação aos requisitos estabelecidos inicialmente, e registrar os eventuais desvios a serem aceitos.

7.1.2. QUALIDADE NA UTILIZAÇÃO DE SOFTWARE

A qualidade do software em operação depende também da forma como o sistema vai ser utilizado dentro do seu ambiente operacional. O sistema computacional é um conjunto de ferramentas de apoio, estando sempre inserido em algum contexto de um processo produtivo. Para que o seu funcionamento seja efetivo e sistematizado, deve existir um responsável pelo sistema aplicativo, que tem como papel garantir a qualidade da sua utilização e da sua manutenção, através de:

- Estabelecimento do processo da utilização do sistema;
- Treinamento dos usuários;
- Avaliação durante a utilização.

Para se obter qualidade na utilização durante o funcionamento do sistema, deve existir um processo que defina a filosofia da utilização, fundamentada nos procedimentos das atividades mais significativas. São exemplos destes procedimentos, a

iniciação do sistema, a descrição das fases da utilização, a recuperação do sistema das falhas, o gerenciamento das informações geradas pelo sistema, a realização de "backup" e outros.

O treinamento dos usuários é um dos principais fatores para se obter a eficiência na utilização do sistema. Sua programação deve prever o aprendizado dos novos usuários e, em certos casos, a reciclagem dos usuários experientes, para diminuir a probabilidade da criação de vícios. Deve também considerar, quando relevante, o perfil dos usuários: se casual ou freqüente, especialista ou não no assunto.

A avaliação do sistema durante o uso é importante para se aferir a adequação dos requisitos estabelecidos inicialmente, contra as necessidades reais. O registro sistemático das eventuais deficiências ou falhas do sistema pode fornecer subsídios para a melhor compreensão do processo e alimentar a obtenção das próximas versões do sistema em utilização.

8. DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA AQUISIÇÃO DE SOFTWARES SIG

Propõe-se aqui, subdividir as características do software SIG em Técnicas, Institucionais e Organizacionais. Esta subdivisão visa auxiliar a classificação dos componentes a serem analisados quando do processo de aquisição do software SIG.

Quanto aos aspectos técnicos, propõe-se analisar todas as rotinas de aplicação do software como: formato de arquivos, rotinas de processamento (networking, DTM e outras), topologia, comunicação com banco de dados, rotinas de captura e edição de dados.

Em aspectos institucionais, propõe-se analisar aquelas características dependentes da estrutura da organização a implementar o SIG, ou seja, aquilo dependente do que existe em uma Prefeitura, sejam fatores técnicos, humanos ou físicos, como: custo, sistema operacional, linguagem de customização, hardware e periféricos, entre outros.

Finalmente, quanto aos aspectos organizacionais, sugere-se avaliar aquelas características dependentes das organizações externas à Prefeitura que podem influenciar no desenvolvimento do projeto, como: suporte, treinamento, documentação, instalações, base instalada (no Brasil e no exterior), prestação de serviços terceirizados, etc.

8.1. SELEÇÃO DE SOFTWARE SIG

Talvez a primeira questão a ser discutida quando uma organização resolve implementar um SIG seja: quais são as opções disponíveis? Esta questão

freqüentemente vem acompanhada de: qual o melhor SIG? A resposta é: não há um "melhor SIG". Existe no mercado uma grande variedade de softwares SIG. Um levantamento do mercado é um bom ponto de partida para a avaliação dos softwares SIG existentes. O número de softwares SIG a serem considerados, pode reduzir bastante, se desconsiderarmos os seguintes:

- Os softwares desenvolvidos por Universidades, que geralmente não possuem integração com todos os formatos de arquivos existentes no mercado, e tendem a ser voltados para uma aplicação específica;
- Os softwares de CAD, que se utilizam do termo SIG, mas freqüentemente não possuem toda a funcionalidade deste;
- Softwares desenvolvidos por empresas de consultoria, que fornecem ou customizam módulos específicos para um SIG, mas geralmente não desenvolvem todas as rotinas pertinentes a este.

Um dos problemas na avaliação da funcionalidade de um software SIG, é se querer comparar um software com outro. A comparação de funções similares entre sistemas diferentes freqüentemente é confusa. Como qualquer outro software, algumas tarefas específicas são melhores, em determinado software SIG, assim como outras são menos funcionais, comparadas a outros.

Devido a diversa gama de diferentes técnicas, e a natureza complexa das análises espaciais, nenhum procedimento ou método de avaliação tem sido desenvolvido para este propósito.

Qualquer software SIG deve ser avaliado estritamente em termos das necessidades do usuário, considerando seus procedimentos de trabalho, necessidades de produção, e contexto organizacional. A experiência de uma consultoria em SIG pode

adicionar um grande e importante valor no processo de avaliação. É normalmente aceito que o processo de seleção do software SIG mais apropriado, deva partir de um projeto piloto (“benchmark”), utilizando-se dados reais do usuário, que representem o fluxo de trabalho real e os processos envolvidos na organização.

A real identificação das necessidades potenciais do usuário, é essencial no desenvolvimento de um projeto piloto para a avaliação de um software SIG. A análise das necessidades do usuário, é um fator crítico para o sucesso da implementação de um SIG.

O desenvolvimento de um projeto piloto deve considerar a inclusão de outros sistemas dentro da organização que podem necessitar uma integração com o SIG. Uma integração lógica e sistemática, tão quanto possível, com outros sistemas existentes na organização (atendimento a clientes, fluxo interno de informações, e outros) irá contribuir substancialmente para o sucesso no processo de avaliação.

8.1.1. JUSTIFICATIVA E EXPECTATIVA

Um SIG é um investimento em longo prazo, que se consolida com o tempo. O tempo necessário para os resultados desejados, pode ser mais longo do que inicialmente especificado. Isto porque um SIG, tem uma curva de aprendizado bem acentuada. A obtenção de benefícios e resultados positivos não será conseguida de um dia para o outro.

Tanto o investimento inicial, quanto o suporte financeiro através do processo de implantação de um SIG, são fatores determinantes para o sucesso ou fracasso do projeto de SIG.

Freqüentemente, a justificativa e aquisição de um SIG, estão centradas em aspectos técnicos de hardware, softwares, e base de dados. Mas a experiência nos mostra que, embora estes aspectos sejam importantes, eles não são os únicos que irão determinar se uma implantação de um SIG irá obter sucesso ou não.

Mesmo que uma avaliação apropriada de um SIG requeira uma boa compreensão das necessidades do usuário, freqüentemente os sistemas são adquiridos baseados em avaliações incompletas e tendenciosas. Assim, mesmo com o SIG já adquirido, um plano de implementação sistemática e estruturada é necessário para o sucesso da operação. Geralmente, um plano de implementação de um SIG, deve levar em consideração os seguintes aspectos institucionais, técnicos e financeiros:

- Custos e metodologia para aquisição do sistema;
- Custos e necessidades de dados;
- Desenho da base de dados (modelo conceitual);
- Custos e necessidades para captura e conversão de dados;
- Metodologia, cronograma e custos para instalação do sistema;
- Custos e procedimentos para operacionalização diária do sistema;
- Custos e necessidades de contratação e/ou treinamento da equipe técnica;
- Custos e necessidade de desenvolvimento de aplicações.

Os responsáveis pela aquisição do SIG, devem estar cientes da necessidade de investimentos em hardware, software, treinamento, suporte e equipe técnica. Os custos para se estabelecer um SIG operacional são substanciais. Porém, uma expectativa realística e um suporte ao desenvolvimento do SIG dentro de uma organização, certamente trará benefícios para esta.

Considerações sobre o tempo de utilização dos dados (atualização), processos de captura e conversão, contratação de pessoal, são tarefas fundamentais na implementação de um SIG. Considerações em longo prazo, como aquisição e manutenção de hardware e software devem também ser consideradas. A aquisição da tecnologia de SIG não deve ser feita sem uma consideração séria sobre o modo em que o SIG irá interagir com toda a organização.

Para se implantar um SIG, não é suficiente se comprar um computador, um plotter e algum software, e colocar tudo isso em alguma sala escondida na organização, com um técnico entusiasmado com a tecnologia e se esperar um resultado imediato. Um sério compromisso com o SIG, implica em um grande impacto em toda a organização.

A mera presença de um plano de implementação não irá garantir o seu sucesso. Muitas organizações não possuem uma equipe técnica suficiente para lidar com o compromisso e o trabalho necessário para se introduzir um SIG aos processos já existentes. A implementação de um SIG deve, também, considerar todo o processo de transferência de tecnologia.

8.1.2. CONSTATAÇÕES

A seguir são apresentadas algumas constatações que contribuem para o fracasso na estratégia de implantação de um SIG :

- **Falhas para identificar e envolver todos os usuários:**

Os usuários em um ambiente SIG operacional consistem-se de operadores, gerentes e "chefes" (Prefeitos, diretores, presidentes, etc.). Todos os três níveis devem ser considerados na etapa de identificação das necessidades dos usuários.

- **Falhas no relacionamento das capacidades e necessidades do SIG:**

Existe hoje no mercado uma grande variedade de softwares e hardwares para SIG. O coordenador do projeto tem pela frente um grande desafio para fazer a escolha certa. É necessário lembrar, que a escolha certa será o SIG que fornecer o melhor benefício pelo mínimo investimento. O sucesso da implementação de um SIG é particularmente sensível à escolha certa do hardware e do software.

- **Falhas na previsão do custo total do projeto:**

Os custos de aquisição de um SIG são relativamente fáceis de se prever. Porém, isto irá representar uma pequena parte do custo total de implementação do SIG. Os custos totais do projeto são consideráveis, e incluem manutenção de hardware e software, equipe técnica, administração do sistema, captura e atualização de dados, customização e consultoria.

- **Falhas na condução do projeto piloto ("benchmark"):**

Um plano de implementação de um SIG, abrange aspectos técnicos e administrativos, e seus respectivos custos. Três dos fatores mais cruciais nesta etapa, são o modelo de dados, a captura de dados e a operação e manutenção diária do sistema. O projeto piloto permitirá que se façam observações detalhadas do processo, desde que projetado corretamente, permitindo que se estime eficientemente as necessidades operacionais.

- **Delegar a responsabilidade da implantação do SIG, para uma equipe sem conhecimento da tecnologia:**

Devido ao fato de um SIG possuir diferenças consideráveis de um sistema de informática convencional, a equipe de implantação do SIG será mais bem qualificada se possuir formação direcionada em geoprocessamento. A confiança em uma equipe convencional (ou seja, sem formação na área de geoprocessamento), poderá contribuir para o fracasso da implantação.

- **Falhas ao se considerar o processo de transferência de tecnologia:**

Treinamento e suporte contínuo, nas dependências da organização, são essenciais para o sucesso da implantação do SIG. A equipe, nos seus três níveis, deve ser "educada" no aspecto da integração do SIG na organização. O treinamento e conhecimento em SIG pode somente ser obtido através de um aprendizado contínuo. Nada pode substituir o treinamento e formação em SIG da equipe.

8.2. ASPECTOS TÉCNICOS

8.2.1. FORMATO DE ARQUIVOS

Alguns formatos de arquivos, como o DXF da AutoDesk, são padrão, ou seja, a grande maioria dos softwares SIG consegue reconhecer. Outros são formatos proprietários, como as coverages do Arc/Info, porém existem inúmeros conversores (tanto comerciais quanto freeware) deste formato para outros, possibilitando assim, que quase todos os softwares possam reconhecer este formato.

Porém alguns formatos são muito específicos e isso pode ocasionar problemas no momento da compartilhamento desses dados. Se determinado softwares SIG não reconhece determinado formato de arquivo, que pode por exemplo ser o formato de

alguma empresa prestadora de serviço, isto pode ocasionar tanto um aumento nos custos do projeto, quanto uma alteração no cronograma deste, levando a necessidade de se desenvolver um conversor destes arquivos ou a captura de dados pela própria Prefeitura com o software utilizado, desperdiçando assim uma base de dados existente.

8.3. ASPECTOS INSTITUCIONAIS

8.3.1. PLATAFORMA DE HARDWARE

É importante se considerar a plataforma de hardware a ser utilizada pelo software SIG. Isto implica, por exemplo, no custo de manutenção do hardware. Deve-se levar em consideração a proximidade geográfica da empresa a oferecer a manutenção, de modo a otimizar o tempo de espera da chamada a realização da manutenção. A disponibilidade de se adquirir peças ou atualização de hardware no menor tempo possível. Tudo isso é dependente da empresa a oferecer a manutenção, e deve ser levado em consideração no processo de escolha da plataforma de hardware a ser utilizada pelo software SIG.

Também se deve considerar em um ambiente heterogêneo, ou seja, com plataforma de hardware diferentes, a comunicação entre as plataformas, de modo que não se dispense tempo desnecessário para o compartilhamento de dados entre as plataformas.

Quanto à oferta de hardware, atualmente a funcionalidade, as resoluções, as capacidades, os desempenhos e correspondentes preços atendem as necessidades de iniciativas SIG. Porém existem ainda alguns problemas, tais como mostrados por RODRIGUES (1995):

- Desconhecimento do setor SIG, comprometendo um adequado atendimento do cliente em processo de especificação;
- Precário suporte e manutenção de equipamentos, mesmo os mais comuns, em locais outros que não os grandes centros;
- Precário suporte e manutenção a equipamentos específicos sem grande mercado, mesmo nos grandes centros. São exemplos os plotters, scanners e os “jukeboxes”, entre outros.

Existem outras questões, em relação a hardware, que na verdade estão do lado da demanda. São exemplos:

- Inexperiência com aplicações SIG's (hardware, software e base de dados) daí decorrendo especificações impróprias. Desta inexperiência decorrem surpresas freqüentes e desagradáveis, todas onerosas;
- Precário conhecimento da oferta de hardware e suas características. Porque a oferta de hardware é grande e experimenta dinâmica notável é comum que seja considerado apenas um limitado conjunto de soluções;
- Precário conhecimento do processo de especificação, que em geral ocorre à luz de processos licitatórios;
- Indevida consideração de aspectos de suporte e manutenção, conforme discutido anteriormente.

8.3.2. SISTEMA OPERACIONAL

Todos os computadores, dos microcomputadores aos supercomputadores, executam suas funções sob o controle de um sistema operacional. O sistema operacional

é o software que interage diretamente com o hardware do processador para controlar todas as funções básicas do sistema. Ele controla a memória utilizada, aloca espaço em disco, supervisiona o acesso dos usuários, carrega programas para execução, fornece rotinas para recuperação de erros, controla operações de entrada e saída, e outras operações básicas do sistema.

Assim, quanto ao sistema operacional, deve-se considerar, por exemplo, a capacidade do sistema e seu preço. Sistemas operacionais de 16 bits, como o DOS são mais limitados em capacidade de processamento, porém são mais baratos do que sistemas 32 bits, como Windows98 ou Windows NT. Deve-se levar em consideração se o software será utilizado em um sistema “stand-alone” ou em rede, pois isso influenciará na escolha do sistema operacional. Sistemas como UNIX ou windows NT são, com certeza, mais indicados para ambientes de rede, porém são mais caros e podem ser, dependendo do caso, substituídos por um sistema DOS em uma máquina “stand-alone”.

Também se deve considerar o conhecimento da equipe técnica no sistema operacional a ser escolhido. Dependendo, pode ser necessário realizar treinamento da equipe, e estes custos devem ser levados em consideração. Se necessário a contratação de um profissional, deve-se levar em conta a facilidade de se encontrar alguém com conhecimento no sistema operacional, além do fato de que sistemas muito específicos, requerem profissionais melhor qualificados e, conseqüentemente, mais caros.

Outro ponto a se considerar, tanto quanto a plataforma de hardware quanto ao sistema operacional, são os periféricos a serem utilizados, tais como plotters, impressoras, scanners. Tais periféricos necessitam de drivers para sua comunicação com o sistema operacional e, determinados periféricos não possuem drivers de comunicação para determinados sistemas operacionais, assim como alguns sistemas operacionais

fornece maior número de drivers do que outros. Isto poderá também influenciar tanto no custo de implantação do software quanto no cumprimento do cronograma do projeto. Se na aquisição de um novo periférico para o projeto, como por exemplo um scanner, este não possuir um driver de comunicação com o sistema operacional, pode-se, por exemplo, ficar sem uma interface para captura de dados, atrasando o cronograma do projeto, seja para substituir a interface de captura de dados, seja desenvolvendo ou procurando um driver de comunicação.

8.3.3. RECURSOS HUMANOS

Qualquer iniciativa SIG demanda uma variedade de competências específicas complementares, em áreas tais como:

- Concepção e projeto, com conhecimento conceitual e metodológico de SIG's, conhecimento organizacional, de base de dados, processos de entrada e conversão;
- Desenvolvimento e implantação de SIG's, com conhecimento de metodologias de desenvolvimento, do ciclo de vida de um projeto SIG, de sua inserção organizacional, de aspectos de hardware e software;
- Entrada e conversão de dados espaciais, com conhecimento de insumos, produtos, métodos alternativos, controle de qualidade, equipamentos e suas capacidades, desempenhos e preços;
- Levantamento de dados espaciais, com conhecimentos de métodos alternativos para se chegar a um dado produto;

- Softwares SIG, com conhecimento de produtos e suas funcionalidades e desempenho. Concepção, programação, implantação e documentação de aplicações;
- Hardware, com conhecimento da variedade de funções, capacidades, desempenhos, preços, suporte.

Prefeituras, quando da implantação de um SIG, em geral, não têm estas competências internamente. Porque muitas destas competências são somente utilizadas em fases específicas de um projeto, é comum que instituições contratem serviços.

Muitas Universidades, atualmente, oferecem cursos de SIG, possibilitando que o profissional já entre no mercado de trabalho com o conhecimento em algum software. Isto é um fator importante pois o custo de treinamento em software SIG ainda é muito alto, ou seja, pode ser mais caro treinar um profissional em determinado software do que contratar um com conhecimento neste.

Deve-se considerar que o técnico além de possuir conhecimento na tecnologia SIG, deverá possuir conhecimento na operação do software SIG, para um perfeito andamento do projeto.

8.3.4. COORDENAÇÃO

A forte influência da coordenação para a plena utilização de um SIG é bem documentada por FERRARI (1996). WORALL (1994) observa que o interesse individual no desenvolvimento do SIG é um fator predominante na aquisição inicial de hardware e software para SIG e direciona suas aplicações. A coordenação é um componente crítico em muitos projetos SIG. A função da coordenação é determinar

claramente tarefas e objetivos, e garantir o comprometimento da equipe para se alcançar os objetivos iniciais, segundo LIMA (1991).

Outra função crítica da coordenação é a organização dos interesses de diversos departamentos dentro da Prefeitura no compartilhamento das informações produzidas pelo SIG. Isto é freqüentemente observado pelo conhecimento técnico e pelo interesse do responsável pelas atividades de planejamento urbano na Prefeitura, como um fator importante na decisão de se adquirir e implementar um sistema SIG. O responsável pelo planejamento urbano necessita de uma boa compreensão das possibilidades do SIG para que possa convencer a Administração Pública de sua implementação. Aplicações municipais de SIG ainda são relativamente recentes no Brasil, e muitas Prefeituras ainda não conhecem suas vantagens, sendo ainda reticentes em investir nesta tecnologia. Assim, a Administração necessita ser “apresentada” à tecnologia, para que possa determinar uma coordenação para promover a implantação do SIG nos diversos departamentos municipais.

EPSTEIN (1993) cita como problemas que a coordenação de um projeto SIG pode encontrar dentro da instituição, a falta de conhecimento da equipe técnica na utilização de computadores, infra-estrutura física deficientes para a implantação da tecnologia, e divergências da equipe técnica quanto ao desenho e implementação do projeto. Assim, existem divergências quanto à expectativa dos resultados da implantação do SIG dentro dos vários departamentos e de seus usuários. EPSTEIN (1993) demonstra a necessidade de informar e educar todos os níveis da administração pública, para que as chances de sucesso da implementação seja maximizada.

Às vezes torna-se complicado acordar sobre que tipo de dados o SIG deve manter para atender cada um dos departamentos de uma Prefeitura. Assim, é necessário à coordenação do SIG, identificar os diversos tipos de usuários do sistema, e suas

necessidades de informação. Por exemplo, muito das informações que o departamento de obras possa utilizar, sejam fornecidas pelo departamento de transporte. Assim, existe a necessidade de se identificar o compartilhamento e o gerenciamento das informações nos diferentes departamentos da Prefeitura.

Projetos SIG frequentemente são implantados por consultorias externas à Prefeitura, e assim pode ocorrer uma falha na motivação pessoal da equipe de usuários do SIG, pois se torna um sistema implantado externamente à eles como mostrado por FILHO (1989), FRANÇOSO (1998) e FREITAS (1997). Os autores mostram que há grandes investimentos na aquisição da tecnologia SIG mas que apenas alguns sistemas implantados funcionam satisfatoriamente.

Assim, é imperativo que a coordenação da implantação do SIG possua experiência e amplo conhecimento da tecnologia.

8.3.5. RECURSOS FINANCEIROS

Excluídas as pequenas implementações de um SIG, baseadas em produtos “desktop” e pequenas bases de dados, a efetiva implementação de um SIG envolve elevados recursos financeiros. Em alguns casos os benefícios podem ser facilmente quantificados e contrapostos aos custos, evidenciando que os benefícios superam facilmente os custos. Em outros casos, a maioria deles, os benefícios são de difícil quantificação.

É importante ainda notar que SIG's não são de fácil orçamentação, principalmente quando esta é realizada sobre projetos básicos pouco detalhados.

Algumas vezes, é difícil justificar a aquisição do sistema simplesmente baseado em sua eficiência. Uma forma de justificar-se o investimento, é demonstrar a redução de custos ou o aumento da receita municipal com a implantação do SIG.

É importante demonstrar-se que com a implantação do SIG pode-se obter uma maior eficiência e uma redução de tempo e custos na execução das tarefas realizadas pela Prefeitura.

8.4. ASPECTOS ORGANIZACIONAIS

8.4.1. SUPORTE

O suporte da empresa revendedora do software SIG, é um item de extrema importância para o cumprimento de prazos do projeto. A empresa fornecedora do software deve possuir equipe técnica qualificada tanto na operação do software, quanto a experiência em implantação de projetos SIG.

Deve-se considerar, no contrato de manutenção, o custo e a necessidade de suporte telefônico (telefone, fax ou e-mail) e de suporte “on-site”. Se a empresa se localizar muito distante do município, isso pode aumentar o custo do suporte além do tempo de resposta da chamada.

Também é desejável que a equipe de suporte da empresa revendedora possua conhecimentos não somente no software SIG, mas também em sistema operacional, banco de dados, CAD, redes, pois todos estes sistemas estão interligados com o software SIG, e quando um problema ocorre no sistema é comum que seja não um problema do software mas, por exemplo, um problema do banco de dados. É importante notar que se diversas empresas oferecem suporte em diversos softwares, como por

exemplo SIG, CAD, Sistema Operacional ou Banco de Dados, é comum uma empresa alegar que determinado problema está no software de outra empresa, e vice-versa, por desconhecimento do problema, ocasionando, talvez, uma demora maior na resolução do problema e novamente, alterando o cronograma do projeto.

8.4.2. BASE INSTALADA

Deve-se levar em conta que, quanto maior for a base instalada do software, tanto no Brasil quanto no Mundo, maior serão as chances de sucesso na implantação do projeto, embora isto não seja um fator determinante. Quanto maior for a base instalada, maior serão as oportunidades de troca de experiências com outros usuários do software, maior a facilidade de aquisição de dados de outras fontes, e mais fácil será encontrar profissionais com conhecimento do software, o que é um fator que influenciará no custo do projeto. Porém, um grande número de base instalada não significa uma garantia no sucesso da implantação do projeto. Um software popular, ou seja, que um grande número de técnicos conheça, não significa necessariamente que seja um bom software. Porém, isto é importante porque quanto maior for a popularidade do software, maior será a facilidade de se encontrar bibliografia sobre ele, maior será a facilidade de se encontrar pessoal técnico com conhecimento no software, e maior será a facilidade de se trocar experiências com outras instituições ou empresas sobre o projeto. Além do fato de facilitar a aquisição de serviços como digitalização e consultoria, entre outros, necessários ao andamento do projeto.

8.4.3. TREINAMENTO

Alguns fatores devem ser considerados quanto ao treinamento a ser oferecido pela empresa revendedora do software SIG.

- A proximidade geográfica da empresa com a Prefeitura. Quanto mais distante estiver a empresa, maior serão os custos do treinamento. Além disso, deve-se observar que algumas empresas não oferecem cursos para poucos alunos. Se a Prefeitura necessitar treinar somente um ou dois funcionários, pode acabar sendo mais caro do que treinar cinco ou mais funcionários. Isto deve ser levado em conta na aquisição do pacote de treinamento do software;
- A bagagem técnica do instrutor. Além de conhecimento específico na operação do software, o instrutor deve possuir conhecimento em aplicações de Geoprocessamento e, melhor ainda, possuir também conhecimento em banco de dados, sistema operacional, CAD, redes, etc. Quanto mais completo for o curso, menor será a necessidade de se realizar chamadas de suporte posteriormente;
- idioma e a didática do treinamento. Algumas empresas revendedoras de software, oferecem apenas o treinamento em inglês, ou seja, ainda não adaptaram as apostilas para a realidade brasileira. Isso pode ser um fator complicante para a eficiência do treinamento. Se a equipe técnica da Prefeitura não possuir conhecimentos da língua inglesa, o treinamento, neste caso, pode ser inútil.

Além disso, é importante que sejam ministrados não apenas os aspectos teóricos do software, mas também que sejam oferecidos exercícios práticos, de preferência com

dados a serem utilizados pela Prefeitura, para que o usuário melhor se familiarize com o software.

Segundo YEH (1991) o treinamento da equipe técnica do SIG é realizado pelas empresas que comercializam os softwares, em pequenos cursos específicos de operação do software. Cursos de Geoprocessamento dificilmente são oferecidos para a equipe técnica, isto porque existe uma grande deficiência em cursos específicos de Geoprocessamento em Universidades. Para um aproveitamento total da utilização de um SIG, os usuários devem ser treinados não somente na operação do software, mas principalmente em como utilizar as informações manipuladas e geradas pelo SIG nos diferentes processos de planejamento.

YEH (1991) divide em 5 o grupo de usuários de um SIG: Políticos (“policy makers”), planejadores, programadores, engenheiros e educadores². Diferentes cursos devem ser organizados para suprir as necessidades específicas de cada um dos usuários.

Os políticos devem estar cientes dos usos e limitações de um SIG. Eles devem ser informados das tendências do desenvolvimento do SIG e da necessidade de recursos para ele se tornar operacional.

Planejadores, cada um em seu campo de atuação, devem ter um entendimento geral sobre dados, modelos e estruturas de dados relacionais, além das funcionalidades de um SIG em diferentes estágios do processo de planejamento urbano.

Um alto nível de competência técnica é imprescindível para o treinamento dos programadores. Eles devem ser capacitados para gerenciar o sistema e para desenvolverem módulos de aplicações específicos.

² YEH (1991) considera educadores o que poderíamos considerar no Brasil como a equipe de Recursos Humanos em uma Prefeitura

Os engenheiros devem possuir conhecimentos em coleta e captura de dados, particularmente nos processos técnicos envolvidos na implantação do SIG, assim como na administração dos tipos de erros inerentes ao processo.

Os educadores devem estar informados nos últimos desenvolvimentos em SIG, atuando junto às universidades locais, desenvolvendo convênios e investimentos, para treinamento e pesquisa em SIG.

É importante que o treinamento seja oferecido antes da aquisição do sistema e não depois da fase implementação.

8.4.4. OFERTA DE SOFTWARE

Está presente em nosso país os principais produtos do mercado internacional, desde os produtos “desktop” até os mais abrangentes.

É muito favorável a situação quanto a software. As principais dificuldades associadas a esta questão são:

- Dificuldade de entendimento das aplicações de seu produto para um dado cliente e suas circunstâncias. Em geral tal entendimento é baseado em demonstrações estrangeiras realizadas sob condições distintas de recursos financeiros, de base de dados e organizacionais;
- Descuido com as implicações sérias de uma aquisição indevida;
- Precário suporte ao cliente quando da utilização do software. Este aspecto diz respeito, principalmente, a resolução de problemas em curtíssimo prazo.

Há também em softwares, dificuldades que estão do lado da demanda:

- Extremo conservadorismo na seleção do software. É comum que se escolha um certo produto porque ele é utilizado por alguma outra Prefeitura. Poucas conhecem a variedade do mercado e podem, com segurança, especificar softwares ainda pouco utilizados. A devida avaliação de um software demanda mais do que demonstrações e explicações do vendedor. Demanda conhecimento de métodos, estudo e experimentação;
- Aquisição de software por processo licitatório mal especificado. São conhecidos do mercado casos extremos de aquisição indevida.

9. CONCLUSÕES

Atualmente, observamos um número cada vez maior de Prefeituras implantando, ou em fase de estudos para implantação de Sistemas de Informações Geográficas. Algumas com sucesso, outras não, como mostrado por FRANÇOSO (1998) e FREITAS (1997). Existe uma amplitude muito grande de fatores que podem condicionar o sucesso da implantação de um SIG Municipal, dentre eles a adequada seleção do software SIG para o projeto.

Assim, este trabalho buscou mostrar alguns fatores condicionantes para a escolha do software SIG.

No processo de avaliação e seleção do software SIG, é comum as Prefeituras avaliarem apenas os aspectos técnicos do software, Isto se dá, quase sempre, porque as Prefeituras não possuem uma equipe técnica com conhecimentos de Geoprocessamento, que desconhecendo a ampla gama de softwares existentes no mercado, e suas características, busca apoio técnico em alguma empresa que comercializa um determinado software ou, em alguma consultoria com conhecimento específico em apenas um único software. Devido à essa limitação, é comum encontrarmos projetos SIG inacabados ou descontinuados nas Prefeituras.

Este trabalho procura mostrar alguns aspectos, aqui denominados de institucionais e organizacionais, além de aspectos técnicos não ligados diretamente ao funcionamento do software, mas à manipulação dos dados gerados por ele. Isto porque, embora estes aspectos não sejam comumente considerados, podem influenciar o sucesso da implantação do SIG em uma Administração Pública Municipal.

Esse sucesso ocorrerá principalmente pelo cumprimento de um cronograma de atividades da implantação, e pelo cumprimento do orçamento originalmente especificado. Se uma Prefeitura considerar os fatores descritos neste trabalho como: treinamento, coordenação, suporte, recursos humanos, plataforma de hardware, formatos de arquivos e sistema operacional, antes da aquisição do software SIG, minimiza-se as chances de atrasos na implantação e na operacionalização do SIG, além de evitar que sejam efetuados gastos não previstos na etapa de especificação do sistema.

Também, este trabalho procura colaborar como fonte de referência sobre seleção de softwares SIG por Administração Públicas Municipais, visto que não existe nenhuma literatura em língua portuguesa específica sobre esse assunto. Assim, foi feito um levantamento de artigos, teses, capítulos de livros, etc., que destacavam este assunto e condensados todos aqui neste trabalho.

A aquisição de softwares SIG, não é o único fator a ser considerado na implantação de um SIG Urbano, porém pode-se tornar um condicionante do sucesso ou não da implantação.

9.1. SUGESTÕES

Sugere-se, que os fatores neste trabalho citado como técnicos, institucionais e organizacionais sejam conhecidos, avaliados e considerados por uma Prefeitura no processo de seleção de softwares SIG.

Deve-se considerar a composição da equipe de implantação do SIG, incluindo a coordenação, e elaborar um programa de treinamento e capacitação para a equipe, antes até do processo de implementação do SIG.

Também, deve-se avaliar uma maneira de incluir no processo licitatório de aquisição do software pela Prefeitura, os fatores neste trabalho citados, para tentar-se minimizar o máximo possível qualquer problema de assimilação e incorporação da tecnologia na Prefeitura, e até mesmo qualquer problema de operacionalização do software. Problemas estes que, acredita-se, possam contribuir para a sub-utilização e o descaso com a tecnologia SIG.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTENUCCI, J.G. *et alli.* **Geographic Information Systems: A guide to the technology.** New York, Van Nostrand Reinhold, 1991
- ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: A management perspective.** Ottawa, WDL Publications, 1990
- BURROUGH, P.A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment.** Oxford, Clarendon Press, 1989
- CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informações Geográfica: visão atual e perspectivas de evolução. In: ASSAD, E. & SANO, E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura.** Brasília, DF. Embrapa, 1993
- CLARKE, K.C. Advances in Geographic Information Systems. In: **Computers, Environment and Urban System.** n.10, p. 175-184, 1986
- COFFEY, W. **Geography: towards a general spatial systems approach.** New York: Methuen, 1981
- COWEN, D.J. Rethinking DIDS: The next generation of interactive color mapping systems. In: **Cartographica,** n.21, p. 89-92, 1983
- DEUKER, K.J. Land Resource Information Systems: Spatial and Attribute Resolution Issue. In: **International Symposium on Cartography and Computing: Auto-Carto IV - Proceedings,** vol.2, p. 328-336, 1979
- EPSTEIN, M.L. Problem Solving should precede AM/FM/GIS development. In: **GIS World** v.6, n.5, p. 69-70, mai/1993
- FERRARI JÚNIOR, R. **Modelo para um Guia de Implantação de Sistemas de Informação Geográfica.** Tese de Doutorado, IFSC-USP, São Carlos, 156 p., 1996

- FILHO, R.M.C., Fatores determinantes na implantação de Sistemas de Informações Geográficas. In: **XIV Congresso Brasileiro de Cartografia - Anais**, volume III, Gramado, p. 625-636, 1989
- FRANÇOSO, M.T. e CINTRA, J.P. Diretrizes para planejamento assistido por computador em prefeituras de médio porte. In: **GIS Brasil 98 – Painéis - módulo municipal-prefeituras - Anais**, Curitiba, 1998
- FREITAS, M.K., **Estudo de casos de implantação de Sistema de Informações Geográficas em Prefeituras Municipais no Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, 202 p., 1997
- GRAÇA, L.M.A., O projeto de GIS sob o ponto de vista de qualidade. In: **GIS Brasil 94 – Módulo SIG e Conversão de Dados – Anais**. Curitiba, p. 01-07, 1994
- GOODCHILD, M.F. Geographical Data Modeling. In: **Computers & Geoscience**. London, v.18, n.4, p. 401-408, 1991
- GUIDARA J.P. e QUINTANILHA, J.A. Padrões e metadados para base de dados geográficos. In **IV Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento - Anais**. São Paulo, p. 569-580, 1997
- HARVEY, D. **Explanation in geography**. New York: St. Martins's, 1968
- HULL, R. e KING, R. Semantic database modeling: survey, applications, and research issues. In: **ACM Computing Surveys** v.19, n.3, p. 201-260. 1987
- JOLY, F. **A Cartografia**. São Paulo, Editora Papirus, 1990
- KORTE, G.B. **Report on the financial analysis of GIS** Prepared for Edwards Air Force Base, White Paper, Intergraph Corporation, 1995
- LIMA, R.J. Public participation models for 'Selling the Boss' on GIS. In: **Geo Info Systems**. v.1, n.10, p. 14-18, nov/dec 1991
- MARBLE, D. Geographical information system: an overview. In: **PECORA 9 CONFERENCE - Proceedings**, Sioux Falls, S.D., v.1, p. 18-24, 1984

- MELNIKOFF, S.S.S. Introdução à Qualidade de Software. In **III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento** – Anais. São Paulo, p. 297-314, 1995
- NCGIA – National Center of Geographic Information Analysis. **GIS Development Guide Acquisition of Hardware and Software**. University of Buffalo, Department of Geography, Buffalo, NY. Disponível em: <http://adjuntas.Geog.buffalo.edu/ncgia/sara/ninearq.htm> , 1997
- OLIVEIRA, C. **Curso Moderno de Cartografia**. Rio de Janeiro, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1988
- PARENT, P. e CHURCH, R. Evolution of Geographic Information Systems as Decision Making Tools. In: **GIS'87 - Proceedings**. San Francisco, p. 63-71, 1988
- PEUQUET, D.J. **Raster Data Handling in Geographic Information Systems**. Buffalo, N.Y.: Geographic Information Systems Laboratory, State University of New York, 1977
- PEUQUET, D.J. e MARBLE, D.F. **Introductory Readings in Geographic Information Systems**. London, Taylor & Francis, 1990
- QUEIROZ FILHO, A.P. **Ortofoto digital para atualização cartográfica em um sistema de informações geográficas**. Dissertação de Mestrado. EP - USP, São Paulo, 134 p., 1993
- QUINTANILHA, J.A. e SILVA, R.S. SIG na Gestão Municipal. In: **2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento** – Anais. São Paulo, p. 335-364, 1993
- RAIZ, E. **Cartografia Geral**. Rio de Janeiro, Editora Científica, 1969
- RODRIGUES, M. Introdução ao Geoprocessamento In: **Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento** – Anais. São Paulo, p. 1-26, 1990
- RODRIGUES, M. SIG's e suas circunstâncias no Brasil. In: **III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento** - Anais. São Paulo, p. 11-23, 1995

- RODRIGUES, M. e QUINTANILHA, J.A. Seleção de softwares SIG para Gestão Urbana. In: **XV Congresso Brasileiro de Cartografia** – Anais. vol. III, São Paulo, p. 513-519, 1991
- SALICHTCHEV, K.A. **Algumas reflexões sobre o objeto e método da Cartografia depois da Sexta Conferência Cartográfica Internacional.** Trad. de Margarida M. de Andrade e Regina Vasconcelos. Seleção de Textos n. 18, p. 17-24, 1988
- SILVA e SOUZA, J. X. da. **Análise ambiental.** Rio de Janeiro: Ed. da UFRJ, 1987
- STAR, J. e ESTES, J. **Geographic Information Systems.** New Jersey, Pratince Hall, Englewood Cliffs, 1990
- TAYLOR, D.R.F. A conceptual basis for Cartography / new directions for the information era. In: **Cartographica.** v.28, n.4, p. 1-8, 1991
- TEIXEIRA, A. L., *et alli.* **Introdução aos sistemas de informação geográfica.** Rio Claro, Ed. do Autor, 1992
- THOMAS, R. e HUGGETT, R. **Modeling in geography: a mathematical approach.** London, Harper & Row, 1980
- TOMLINSON, R.F. Introduction to symposium edition. In **Geographical Data Handling** – Proceedings. v.1 Ottawa: IGU/UNESCO, p. 1-34, 1972
- TOMLINSON, R.F. Panel discussion: Technology Alternatives and Technology Transfer. In: **Computer Assisted Cartography and Geographic Information Processing. Hope and Realism** – Proceedings. Douglas and Boyle, Eds. Canadian Cartographic Association, Dept. of Geography, University of Ottawa, p. 65-71, 1982
- TOMLINSON, R.F. e BOYLE, A.R. The state of development of systems for handling national resources inventories data, In **Cartographica.** n.18, p. 65-95, 1981
- WORALL, L. Justifying Investment in GIS: A Local Government Perspective. In: **International Journal of Geographic Information Systems.** London. v.8, n.6, pg.: 545-565, nov/dec 1994
- WORBOYS, M.F. *et alli.* Objected-oriented data modeling for spatial databases. In **International Journal of Geographical Information Systems.** London. v.4, n.4, p. 369-383. 1990

YEH, A.G.O. The Development and Applications of GIS for Urban and Regional Planning in Developing Countries. In: **International Journal of Geographic Information Systems**. v.5, n.1, p. 5-27, jan/mar 1991

11. BIBLIOGRAFIA

- BURKE, L.. Urban and Municipal GIS applications in Developing Countries – the problems and the potential. In: **ESRI User's Conference** - Proceedings, disponível em <http://www.esri.com/base/common/userconf/proc95/p271.html>, 1995
- CALIJURI, M.L. e ROHM, S.A.. **Sistemas de Informações Geográficas**. Viçosa, Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 34 p., 1995
- CÂMARA, G. Anatomia de Sistemas de Informação Geográficas: visão atual e perspectivas de evolução. In: **2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento** - Anais, São Paulo, p. 157-183, 1993
- CÂMARA, G. *eti alli*. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas, UNICAMP, Instituto de computação, 197 p., 1996
- CINTRA, J.P. CAD, GIS, DBMS ou Cartografia Digital? In: **XV Congresso Brasileiro de Cartografia** – Anais - volume II. São Paulo, p. 343-348, 1991
- CULLIS, Brian J. **A strategy for Assenting Organizational GIS adoption success**. Department of Geography, University of South Carolina, Columbia, SC., disponível em <http://www.sgi.ursus.maine.edu/gisweb/spatdb/gis-lis/gi94026.html>, 1994
- DANGERMOND, J.A. classification of software components commonly used in geographic information systems. In Peuquet, D.J. e Marble, D.F., In: **Introductory readings in geographic information systems**. London, Taylor & Francis. p. 30-51. 1990
- DAVIS, Clodoveu. Critérios para escolha de um GIS. In: **Revista InfoGEO**. Coluna GEObytes, Ano 1, n. 1, p. 17. mai/jun 1998
- DIAS, R.W., Planos Diretores de Geoprocessamento: Desenvolvimento e Aplicações. In: **2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento** - Anais, São Paulo, p. 687-707, 1993

- DIAS, R.W. e TEIXEIRA, D.J., Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao gerenciamento de pequenos municípios. In: **XV Congresso Brasileiro de Cartografia** - Anais, vol. III. São Paulo, p. 614-616, 1991
- DICKINSON, H.J. e CALKINS, H.W. The Economic Evaluation of Implementing a GIS. In: **International Journal of Geographic Information Systems** v.2, n.4, p. 307-327, oct/dec 1998
- DONOGHUE II, J. **Implementation of a Geographic Information System for a small local government entity – An evaluation of opportunity and benefits.** GIS Systems Integration, disponível em <http://www.unex.ucr.edu/gis/dono.html>, 1997
- EGENHOFER, M.J. e FRANK, A.. Prospective view of GIS technologies and applications. In: **Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento** – Anais, - São Paulo. EPUSP. p. 95-102. 1990
- ELLENRIEDER, A., Qualidade da Prestação de Serviços. In: **III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento** - Anais, São Paulo, p. 317-331, 1995
- FERRARI JÚNIOR, R. **Viagem ao SIG.** Curitiba, Sagres Editora, 1997
- FERRARI JÚNIOR, R., Cenários Alternativos para o uso de GIS em Municípios. In: **GIS Brasil 96** - Anais, Curitiba, p. 17-24, 1996
- FERRARI JÚNIOR, R. & GARCIA NETO, A., Proposta de uma estratégia para implantação de SIG's em Administrações Municipais Brasileiras. In: **GIS Brasil 94 – Módulo Municipal** – Anais. Curitiba, p. 31-40, 1994
- FOOT, K.E. e CRUM, S.L. **Project Planning and Lifecycle.** The Geographer's Craft Project, Department of Geography, University of Texas at Austin, Texas, disponível em <http://www.utexas.edu/depts.grg/gcraft/notes/lifecycle/lifecycl.html>, 1995
- HUXHOLD, W.E. **An Introduction to Urban Geographic Information Systems.** Oxford, Oxford University Press, 1991
- HUXHOLD, W.E. e LEVINSOHN, A.G. **Managing Geographic Information System.** Oxford, Oxford University Press, 1995

INFO TREND **Prefeitura municipal de Jacareí – Definição e Dimensionamento de Hardware e Software para o Sistema de Informações Geográfica – GIS** Info Trend – Consultoria em Teleinformática e Geoprocessamento, Guia de Discussão, 1991

LAURINI, R. e THOMPSON, D. **Fundamentals of Spatial Information Systems.** London, Academic Press, 1992

MARKHAM, R. e RIX, D. **GIS – The need for Quality** MVM Consultant Spc. ristol, England. Disponível em:
<http://www.odyssey.maine.edu/gisweb/spatdg/egis/eg94130.html>, 1994

PANTAZIS, D.N. e DONZÉ, C. Implementing GIS in organizations: ten user friendly short lessons. In: **GIS Brasil 98 – Palestras-módulo GIS - Anais.** Curitiba, 1998

PAREDES, E.A. Metodologia de Implantação de SIG-Urbano em Pequenas e Médias Prefeituras. In: **XV Congresso Brasileiro de Cartografia - Anais**, vol. III, São Paulo, p. 563-574, 1991

PAREDES, E.A. Sistema de Informação Geográfica-Urbano aplicado à administração e ao planejamento urbano In: **XV Congresso Brasileiro de Cartografia - Anais** vol. III, São Paulo, p. 598-606, 1991

PEUQUET, D.J. e MARBLE, D.F. **Introductory Readings in Geographic Information systems.** London, Taylor & Francis, 1990

PRISLEY, S.P. e ROY, A. M. Cost-Benefit Analysis for Geographic Information Systems. In: **GIS '87 – Proceedings.** San Francisco, Califórnia, ACMS-ASPRS, 1987

QUINTANILHA, J.A. e CUNHA, T.N. Aspectos de Qualidade em Sistemas de Informação Geográfica. In: **III Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento - Anais** São Paulo, p. 335-351, 1995

RODRIGUES, M. Constatações sobre projetos SIG. In: **IV Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento – Anais.** São Paulo, p. 629-636, 1997

ROGERS, R.C. How to measure GIS productivity. In: **GIS World.** v.6, n.7, p. 56-59, jul/1993

- ROHM, S.A. e FREITAS, M.K. Considerações sobre aspectos organizacionais para implantação de Sistemas de Informações Geográficas em Prefeituras Municipais. In: **GIS Brasil 96 – Anais**. Curitiba, p. 513-519, 1996,
- ROHM, S.A. *eti alli*. SIG – Como algumas administrações municipais vêm implantando esta técnica. In: **IV Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento – Anais**. São Paulo, p. 478-487, 1997
- SIKORSK, S.R. Geoprocessamento como Instrumento de Planejamento Urbano. In: **GIS Brasil 96 – Anais**. Curitiba, Sagres Editora, p. 40-45. 1996
- SMITH, D. e TOMLINSON, T. Assessing Costs and Benefits of Geographical Information Systems: Methodological and Implementation Issues, In: **International Journal of Geographical Information Systems**. v.6, n.3. London, Taylor & Francis ltd. 1992
- TEIXEIRA, A.L., *et alli*. O ABC da Implantação de um SIG. In: **Revista Fator GIS** v.3, n.11 p. 20-24, out/dez 1995
- VOLPI, E.M. e ROHM, S.A. Software SIG para Prefeituras: Como escolher? In: **GIS Brasil 98 – Palestras, módulo municipal-Prefeituras - Anais**, Curitiba, 1998
- WILCOW, D. Concerning ‘The Economic Evaluation of Implementing a GIS’. In: **International Journal of Geographic Information Systems**, v.4, n. 2, pg.: 203-210. apr/jun 1990
- ZHOU, Q. **GIS in Urban and Regional Planning** Lectures, University of New South Wales, Sydney, Australia, Disponível em: <http://www.geog.unws.edu.au:80/qiming/Teaching/GEOG31432/lect09.html>, 1996