

A TRAJETÓRIA DA TECNOLOGIA DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) NA PESQUISA GEOGRÁFICA

Patrícia Helena Mirandola Avelino¹

RESUMO

O estudo propõe uma análise dos Sistemas de Informação Geográfica, a partir de sua evolução no contexto mundial e nacional, permeando pelos conceitos e estruturas de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e mostrando as dicotomias entre Geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica; CAD (Computational Aided Design - desenho assistido por computador) e Sistema de Informação Geográfica e, por fim, SIG (Sistema de Informação Geográfica) e SGI (Sistema Geográfico de Informação). Essas dicotomias demonstram as potencialidades e restrições do SIG na pesquisa geográfica. Assim, pode-se considerar que em termos tecnológicos os SIGs estão no patamar que atendem as expectativas de avaliações e projetos de controle ambiental em todos os ramos da pesquisa geográfica, no entanto, os problemas atuais transcenderam o escopo tecnológico e recaíram na essência dos dados primários, ou seja, a questão deixa de ser meramente o domínio do *know how* (tecnologia) e passa para a necessidade do entendimento do *know what* (por que) e no *know why* (para que).

Palavras chave: *sistemas de informação geográfica, geoprocessamento, tecnologia, análise ambiental, pesquisa geográfica.*

ABSTRACT

The study propõe an analysis of the Systems of Geographical Information, starting from your evolution in the world and national context, permeating by the concepts Es structures of a System of Geographical Information (GIS) and showing the dichotomies between Geoprocessamento and System of Geographical Information; CAD (Computational aided Disign - drawing watched by computer) and System of Geographical Information (GIS) and, finally, GIS (System of Geografica Information) and SGI (Geographical System of Information). These dichotomies demonstrate the potentialities and GIS's Restrictions in the geographical research. It thus can consider that in terms of technological SIGs are in the landing that attend of evaluations and projects of environmental control in all Ramos of the geographical research, however, the current problems the technological scope and relapsed in the essence of the primary data, in other words, the matter lets of being merely the domain of the know how (technology) and raisin for the need to understanding of the know what (why) and in the know why (so that

key - words: *systems of geographical information, geoprocessamento, technology, environmental analysis, geographical research.*

¹ Professora Mestre em Geografia Assistente do Departamento de Geografia/Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT – Cáceres. Doutoranda em Geografia da UFRJ, Rio de Janeiro. Bolsista do PQI – Plano de Qualificação Institucional (CAPES) UNEMAT-UFRJ. Membro do GEEPI - Grupo de Estudos Estratégicos e de Planejamento Integrados – CNPq. E-mail: patricia_geografia@terra.com.br, pahe@terra.com.br

INTRODUÇÃO

Nos últimos 15 anos, o desenvolvimento, aquisição e implementação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) cresceram exponencialmente. Desde as suas raízes na cartografia digital, os SIGs tornaram-se uma importante indústria, sendo utilizados pelo setor privado (firmas de consultoria e engenharia), setor público (entidades governamentais e autarquias) e universidades.

A tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), vem se impondo como uma ferramenta de rotina para a visualização, a análise da informação espacial, sendo usada extensivamente em aplicações como a cartografia de uso do solo (planejamento urbano), análise e planejamento de transportes (redes de entradas e emergência), análise geodemográfica (localização de serviços), cartografia de redes de infraestruturas (gás, água e energia elétrica) e em múltiplas aplicações de gestão de recursos naturais.

Com a crescente necessidade da Ciência Geográfica, utilizar ferramentas, que lhe possibilitem um melhor conhecimento das dinâmicas espaciais, aliadas à possibilidade de cartografar, monitorizar e interpretar o espaço, os SIGs constitui um dos mais modernos pilares para a operacionalização e interpretação da Geografia. Este fato não está presente só por questões de mera atualização temática, mas, fundamentalmente, por constituir uma resposta com cerca de 15 anos de aplicação e desenvolvimento na generalidade junto à comunidade científica, tanto nacional quanto internacional contribuindo, desta forma, para subsidiar consideráveis avanços na análise espacial.

EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO CONTEXTO MUNDIAL E NACIONAL

O primeiro Sistema de informação Geográfico (Geographic Information System – GIS) foi implementado no Canadá em 1962, denominado Canadian Geographic Information System (CGIS), com o objetivo de realizar um inventário de terras em âmbito nacional, envolvendo diferentes aspectos sócio-econômicos e ambientais. Constitui-se, neste ano, na “Urban and Regional Information System Association – URISA”.

Em 1964, o Serviço de Saúde Pública dos EUA automatiza a Divisão de Fornecimento de Água e Controle da Poluição, superpondo dados de diferentes órgãos como qualidade de água, cursos fluviais, processos e localização de tratamento. Ainda em 1964, desenvolveu-se o primeiro SGI para gerenciamento dos recursos naturais, no serviço florestal dos EUA. Nesta época é criado o Havard Lab for Computer Graphic and Spatial Analysis.

Dois anos depois, em 1966, foi desenvolvida a primeira aplicação de cartografia computadorizada, concluída no Havard Lab: o SYMAP (Synagraphic Mapping System)

Em 1968, o Departamento de Censo dos EUA desenvolve o DIME (Dual Independent Map Encoding) para a representação digital das redes de estradas e zonas censitárias. Este sistema baseou-se na codificação de nós (interseção de ruas) e de áreas (quarteirões). Ele, ainda, introduziu características

para análise topológica, através da duplicidade da representação de cada segmento de rua, tanto como conexão entre nós, quanto como fronteira entre áreas. Os conceitos do DIME constituem a base da moderna estrutura vetorial adotada em SIGs como o ARC/INFO.

Em 1969, foi fundado o Environmental Systems Reserach Institute ESRI, na Califórnia, que se dedicou, na década de 70, ao desenvolvimento de um plano de reconstrução das cidades de Baltimore, Maryland, e à localização de um novo centro da Móbil Oil na Virginia. Em 1981, a ESRI lançou o primeiro produto comercial: o ARC/INFO, projetado para minicomputadores e, em 1986, desenvolveu a versão PC ARC/INFO. Em 1986, foi criada a Map Info Corporation no Renssealer Polytechnic Institute, em New York, sendo a primeira a desenvolver um software de SGI para PC com aplicações em negócios. Em 1991, a ESRI lançou uma versão “desktop” SIG de custo mais acessível e de fácil manuseio: o ARCVIEW GIS, assim como o ARCDATA Program, para promover uma grande variedade de dados de alta qualidade e fáceis de usar, compatíveis com seus softwares. Em 1992, criou o ArcCad, que permitiu integrar as tecnologias do SGI e do CAD. Em 1996 lançou o ARC/INFO para Windows NT, e criou o Atlas GIS, utilizado por usuários interessados, apenas, na análise e visualização dos dados geográficos(LINS & FERREIRA, 2002).

No Brasil, segundo XAVIER-DA-SILVA (2001), os estudos de Geoprocessamento e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), foram iniciados em 1975, através do projeto RADAMBRASIL para racionalizar a geração, o armazenamento, a recuperação e a análise do enorme acervo de dados ambientais primários e interpretativos (geologia, geomorfologia, solos, vegetação, uso potencial da terra e outros), gerados pelo projeto, e que deveriam recobrir todo território brasileiro. A quantidade de informação foi produzida a um custo extraordinário, inclusive com perda de vidas em diversas situações de engajamento profissional, durante a existência do projeto. Foi criada no projeto RADAMBRASIL a Divisão de Informática e o Sistema de Informação Geo-Ambiental (SIGA), em 1978, que até o ano de 1981 produziu uma média de 41 programas, totalmente documentados, os quais constituíram o corpo do SIGA, que funcionava sob computadores de grande porte.

O Sistema de Informação Geo-Ambiental foi efetivamente o primeiro sistema geográfico de informação. Após 1981, o SIGA e o Projeto RADAMBRASIL; tiveram uma evolução conturbada e cessaram suas atividades.

Em 1982, houve um grande impulso sobre a expansão dos conhecimentos sobre Geoprocessamento e Sistemas Geográficos de Informação (GIS), isto se deveu aos esforços da Comissão Brasileira da União Geográfica Internacional – UGI, chefiada então por Esperidião Faissol. A então denominada Comissão de Processamento de Dados Geográficos decidiu promover uma reunião periódica, parte integrante da reunião latino-americana da UGI, em São José dos Campos, nas instalações do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Após entendimento, no qual houve interesse dos pesquisadores do INPE pelo Geoprocessamento e SGI, sendo que não existiam artigos publicados no país, iniciou-se a disseminação do uso do Geoprocessamento e SGI.(XAVIER-DA-SILVA, 2001)

A introdução do Geoprocessamento e do Sistema DE Informação geográfica (SIG) no Brasil e sua disseminação continuam no início dos anos 80, a

partir do esforço de divulgação e formação de pessoal feito pelo Prof. Jorge Xavier da Silva, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A vinda ao Brasil, em 1982, do Dr. Roger Tomlinson, responsável pela criação do primeiro SIG (o Canadian Geographical Information System), incentivou o aparecimento de vários grupos interessados em desenvolver tecnologia, entre os quais destacam-se:

- UFRJ: o grupo do Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Geografia, sob orientação do professor Jorge Xavier da Silva, desenvolveu o SAGA (Sistema de Análise Geo-Ambiental). O SAGA tem forte capacidade de análise geográfica e vem sendo utilizado com sucesso como veículo de estudos e pesquisas.

Ainda no Departamento de Geografia da UFRJ, sob a orientação do Professor Jorge Xavier da Silva, foi publicado em 1983 o trabalho “- Unidades de Manejo Ambiental no Norte Fluminense”- desenvolvidos pelos professores Jorge Soares Marques, Mauro Sérgio Fernandes Argento e Maria Luiza Fernandes Pereira, que apresentava a metodologia de um SIG, e sua estrutura de “software” desenvolvida em linguagem Fortran, sistema este denominado de SINFOR. Possivelmente, esta tenha sido a primeira publicação acadêmica brasileira, onde se demonstrava em bases operacionais o desenvolvimento e aplicação de um GIS totalmente brasileiro.

- MaxiDATA: os responsáveis pelo setor de informática da empresa de aerolevante Aerosul criaram, em meados dos anos 80, um sistema para automatização de processos cartográficos. Posteriormente, constituíram a empresa MaxiDATA e lançaram o MaxiCAD, software largamente utilizado no Brasil, principalmente em aplicações de mapeamento por computador. Mais recentemente, o produto dbMapa permitiu a junção de banco de dados relacionais a arquivos gráficos MaxiCAD, produzindo uma solução para “desktop mapping” para aplicações cadastrais;

- CPqD/TELEBRÁS: o Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da TELEBRÁS iniciou, em 1990, o desenvolvimento do SAGRE (Sistema Automatizado de Gerência de Rede Externa em extensiva aplicação de Geoprocessamento no setor da telefonia. Construído com base num ambiente de SGI (VISION) com um banco de dados cliente – servidor (ORACLE), o SAGRE envolveu um significativo desenvolvimento e personalização de software;

- INPE: em 1984, o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) estabeleceu um grupo específico para desenvolvimento de tecnologia de geoprocessamento e sensoriamento remoto (a Divisão de Processamento de Imagens – DPI). De 1984 a 1990 a DPI desenvolveu o SITIM (Sistema de Tratamento de Imagens) e o SIG(Sistema Informação Geográfica), para ambiente PC/DOS e, a partir de 1991, o SPRING® (Sistema para Processamento de Informações Geográficas), para ambientes UNIX e MS/Windows® (INPE, 2002).

Em síntese, os progressos das informações tecnológicas da informação geográfica começaram várias décadas atrás e continuaram ampliando seus efeitos em um futuro previsível, na Geografia, muitas inovações na aplicação de tecnologias da informação começaram no final dos anos cinquenta, passando pelos anos sessenta e início dos anos setenta, fases essas conhecidas como a da Nova Geografia.

As bases da Nova Geografia foram alcançadas com a adoção do positivismo lógico após a Segunda Guerra Mundial, apoiado na filosofia analítica,

onde se associa a estrutura da linguagem à verdade (GOMES, 1996 *apud* BRANCO, 1997).

Segundo BRANCO (1997), “a Nova Geografia não constituía um movimento unitário, apresentando diferentes tensões”. Assim, os SIGs seriam resultantes dessas duas tensões, entre a ciência indutiva e dedutiva onde os SIG, incluíam-se no primeiro caso como técnicas para pesquisa empírica e entre Geografia pura e aplicada. Inicialmente, houve um maior destaque na ciência pura, a preocupação era desenvolver teorias em linguagem científica, o que daria maior status à Geografia na academia.

Ainda na década de 70, inicia-se na Geografia um processo de questionamento da Nova Geografia, tanto de base teórico-metodológica como relacionado ao domínio prático e ideológico (GOMES, 1996 *apud* BRANCO, 1997), adotando então uma perspectiva crítica, com base no materialismo histórico e dialético: a Geografia Crítica. A partir de então, houve dois caminhos paralelos no pensamento geográfico, um liderado pelo pensamento crítico e outro que permanecia apoiado nos pressupostos positivistas: a Geografia Aplicada, voltada para solução de problemas e que utiliza o enorme arsenal de novas tecnologias de informação, onde os GIS resultam da aliança entre a técnica e aplicação BRANCO, (1997).

CONCEITOS E ESTRUTURA DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Alguns conceitos sobre Sistema de Informação Geográfica (SIG) são de suma importância antes de se focar a temática relacionada a sua estrutura organizacional. Os conceitos de SIGs mais utilizados na extensa bibliografia sobre o tema são os seguintes:

- *“Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciado (ARONOFF, 1989)”;*
- *“Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real” (BOURROUGH, 1986)*
- *“Um suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas e problemas” (COUWEN, 1988);*
- *“São programas de computador destinados à integração de diferentes dados temáticos de uma mesma área de estudo e visam aprimorar processos decisórios de cunho espacial, atualizados e confiáveis” (BELTRAME, 1994).*

Estas definições refletem a multiplicidade de usos e visões, conforme foi apresentado na introdução do presente texto, destacando que esta tecnologia aponta para uma perspectiva interdisciplinar de sua utilização.

A partir destes conceitos, é possível indicar as principais características dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que consistem principalmente em:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através dos algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciáveis (INPE, 2002).

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG), é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial. Oferecem ao pesquisador (geógrafo, urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, interrelacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica. Para que isso seja possível, a geometria e os atributos dos dados de um GIS devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados em uma projeção cartográfica (INPE, 2002).

Para entender e utilizar os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), é necessário que se conheça a definição de conceitos básicos que são utilizados por quem normalmente utiliza essa tecnologia. Os dois conceitos iniciais são **espaço geográfico e informação espacial**.

O termo *espaço geográfico* pode ser definido como uma coleção de localizações na superfície da Terra onde ocorrem os fenômenos geográficos. O espaço geográfico define-se, portanto, em função das suas coordenadas, sua altitude e sua posição relativa. Sendo um espaço localizável, o espaço geográfico é possível de ser cartografado (DOLFUS, 1991).

O espaço geográfico se compõe de entidades distintas e identificáveis, os objetos geográficos, que possuem propriedades como: localização no espaço e relação com outros objetos. Por exemplo, ao se considerar uma pequena cidade de qualquer estado brasileiro que possui componente urbano como praça, escola, igreja, posto médico, rua principal, etc.; estas componentes se revestem de bons exemplos de objetos geográficos, sendo possível em cada objeto geográfico desses descrever as suas características.

Se for tomado como exemplo, uma região dotada de componentes espaciais, como uma bacia hidrográfica, montanhas, um delta de rio, plantações, etc., pode-se observar que todas essas componentes representam objetos geográficos que pertencem a um espaço geográfico e, possuindo cada uma, uma descrição geográfica própria.

Ao se observar este espaço dentro da visão sistêmica, pode-se dizer que um sistema, de uma região X (como no exemplo Bacia Hidrográfica), possui partes componentes (montanhas, rio, alvéolos, várzeas, etc) e respectivos fluxos de massa e/ou energia, como escoamento superficial, plantações, etc.), que poderão

ser analisadas e possuir uma descrição geográfica própria, denominada *informação espacial*.

Sendo assim, o espaço geográfico e seus componentes, os objetos geográficos, possuem uma descrição geográfica que incluem desde informações sobre relevo e clima, a informações sobre demografia e economia.

O requisito de armazenar a geometria dos objetos geográficos e de seus atributos representa uma dualidade básica para o SIG. Para cada objeto geográfico, o GIS necessita armazenar seus atributos e várias representações gráficas associadas.

A estrutura técnica dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), possui os seguintes componentes, de acordo com CAMARA (1995):

- Nível 1 - Interface com o usuário;
- Nível 2 - Entrada e integração de dados;
 - Funções de processamento gráfico de imagens;
 - Visualização e plotagem;
- Nível 3 – Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob forma de um banco de dados geográficos).

No primeiro nível, o mais próximo do usuário, a interface homem – máquina, define como o sistema é operado e controlado. No nível intermediário, um GIS deve ter mecanismos de processamento de dados espaciais (entrada, edição, análise, visualização e saída). No nível mais interno do sistema, está um sistema de gerência de banco de dados geográficos que oferece armazenamento e recuperação de dados espaciais e seus atributos. A seleção dos dados geográficos é feita por mecanismos de seleção e consulta que definem restrições sobre o conjunto de dados.

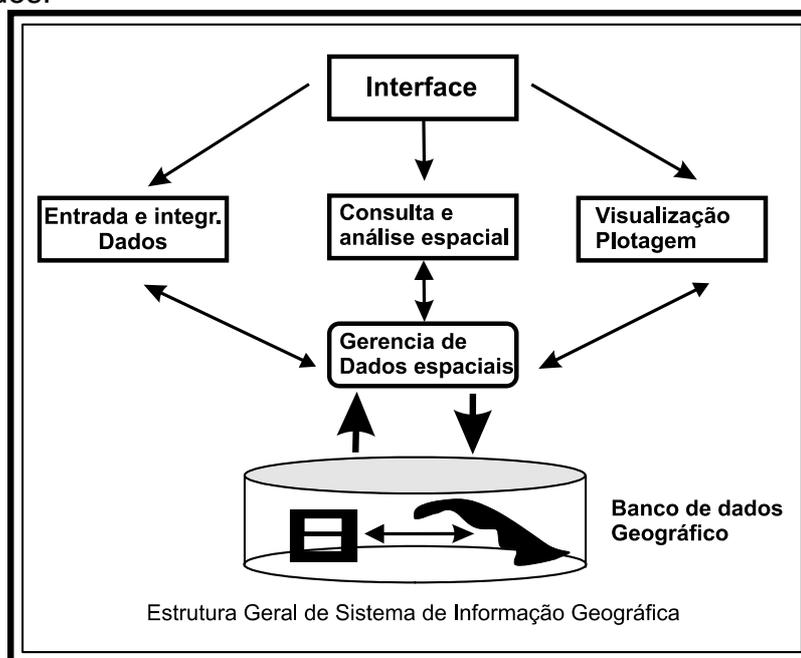


Figura 1. Estrutura Geral dos Sistemas de Informação Geográfica.
 Fonte: INPE, 2002.

A figura 1 indica o relacionamento dos principais componentes ou subsistemas de um SIG. Cada sistema, em função dos seus objetivos e necessidades, implementa estes componentes de forma distinta, mas todos os subsistemas citados devem estar presentes no SIG.

DICOTOMIAS DA TECNOLOGIA DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Para introduzir o presente texto na questão principal, que aborda considerações fundamentadas sobre um SIG, são abordadas, inicialmente, algumas disparidades acerca de termos relacionados aos conteúdos de um SIG. Assim sendo, analisadas três considerações básicas, a saber: **Geoprocessamento e Sistema de Informação Geográfica; CAD (Computational Aided Design - desenho assistido por computador) e Sistema de Informação Geográfica e, por fim, SIG (Sistema de Informação Geográfica) e SGI (Sistema Geográfico de Informação).**

A primeira discussão é abordada por SANTOS, PINA E CARVALHO (2000), que argumentam que o uso de técnicas de geoprocessamento utilizada por uma grande maioria de pesquisadores de diversas áreas, tem causado algumas confusões na atribuição dos termos **Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica**, estes termos algumas vezes são utilizados como sinônimos, quando na verdade dizem respeito a conceitos diferenciados no campo da tecnologia.

Muitos são os conceitos a respeito do termo Geoprocessamento, como os de XAVIER-DA-SILVA (1997) que "... caracteriza um conjunto de técnicas de processamento automático de dados que opera sobre base de dados territorialmente referenciadas, permitindo a análise de relações topológicas, classificações multivariadas, a integração de dados e outros tratamentos inferenciais". No entanto, o conceito proposto por RODRIGUES (1990), já define Geoprocessamento como sendo: "*Conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais e de desenvolvimento e uso de sistemas que a utilizam*".

Segundo este mesmo autor em publicação de 1993, existem vários tipos de sistemas em geoprocessamento: sistemas de digitalização, sistemas de modelagem digital do terreno, sistemas de conversão de dados, sistemas de processamento de imagens, sistema de informação geográfica (SIG), dentre outros.

Os conceitos apresentados são bastante pertinentes, pois explica de maneira clara que o geoprocessamento é um termo amplo, que engloba diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficos, através de programas computacionais.

Dentre essas tecnologias, se destacam: o sensoriamento remoto, a digitalização de dados, a automação de tarefas cartográficas, a otimização do Sistema de Posicionamento Global (GPS) e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), (SANTOS, PINA, CARVALHO, 2000).

Portanto, os SIG são compostos por técnicas do geoprocessamento, considerada a mais ampla delas, uma vez que pode englobar todas as demais. No entanto, nem todo o processo de geoprocessamento pode ser caracterizado como sendo um SIG.

Outra perspectiva dicotômica acontece com os termos **CAD (Computational Aided Design)** e **SIG (Sistema de Informação Geográfica)**. O primeiro, trata de programas de automação de tarefas cartográficas e visualização de dados, genericamente denominados CAD; estes sistemas trazem grande contribuição à geração de mapas e permitem a manipulação dos elementos da representação cartográfica, facilitando a análise espacial (PINA, 1998). Porém, apesar de facilitar a manipulação dos elementos da representação cartográfica e, muitas vezes facilitar um mecanismo de análise espacial, isso não é suficiente para que se possa defini-lo como sendo um Sistema de Geográfico. Segundo FOOTE&LYNCH (2002), o CAD (Computational Advanced Design - Desenho Assistido por Computador) oferece as mesmas vantagens aos cartógrafos que um editor de texto oferece aos escritores. Técnicas automatizadas são agora a regra, em lugar da exceção na produção cartográfica.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm uma gama de conceitos diferenciados, na definição de XAVIER-DA-SILVA (1999) “os Sistemas de Informação Geográfica são sistemas capazes de operar sobre seus dados, que são apenas registros de ocorrência de fenômenos identificados – reestruturando-os para ganhar conhecimento sobre posições, extensões e relacionamentos taxonômicos, espaciais e temporais contidos em suas bases de dados”.

Outra definição é apresentada por XAVIER-DA-SILVA (1997): “... estrutura de programação (pacote de programas) que permite a captura, o armazenamento e a atualização de dados, sua exibição é, acima de tudo, análises e integrações de dados ambientais”.

A terceira consideração trata-se, basicamente, sobre os vários conceitos e nomenclaturas, que são definidos segundo o significado do **GIS (Geographic Information System)**, o que já gerou muita discussão no meio científico, pois sua tradução para Sistema de Informações Geográficas pode levar à crença de que as informações sejam geográficas e, na verdade, nem todas as informações trabalhadas são geográficas, mas o sistema sim, pois os dados são especializáveis (XAVIER-DA-SILVA, 1999; MOURÃO, 2002).

Em síntese, dentre as diferentes traduções utilizadas nas bibliografias em geral, pode-se deparar com as seguintes, usadas com mais frequência no meio acadêmico: SIG – Sistema de Informação Geográfica e SGI – Sistema Geográfico de Informação ou ainda GIS - Geographic Information System, ou ainda um menos comum, mas utilizado na tese de MOURÃO (2002) denominado de Sistema Informativo Geográfico, sendo mantidas em todas elas, a sua característica fundamental, que se expressa na condicionante espacial.

POTENCIALIDADES E RESTRIÇÕES DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA PESQUISA GEOGRÁFICA

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são programas computacionais destinados à integração de diferentes dados temáticos de uma mesma área de estudo e visam aprimorar processos decisórios de cunho espacial, atualizados e confiáveis.

Inúmeras são suas potencialidades; o banco de dados, por exemplo, podem ser formados pela passagem das informações através da mesa digitalizadora ou via “scanners”, compondo, assim, a base digital de dados que podem ser

manipulados, modelados, analisados automaticamente, representados em forma cartográfica e em três dimensões.

Segundo CRUZ (2000), a Geografia, durante sua evolução como ciência, vem acrescentando novos conceitos, técnicas e ferramentas na busca da melhor compreensão de seus alvos de estudo, como a paisagem, o ambiente, o espaço geográfico. Paralelamente, muitos cientistas têm buscado apoio em modelos, de variadas origens, de modo a facilitar a representação, e conseqüentemente, o tratamento da realidade. Este caminho, embora bastante explorado nas últimas décadas, ainda tem apresentado sérias limitações e críticas.

Assim, ao se trabalhar com Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na pesquisa geográfica é necessário traduzir o mundo real para o ambiente computacional. Uma das abordagens mais úteis é o chamado “paradigma dos quatro universos” (GOMES E VELHO, 1995 *apud* CÂMARA, 1995), que pode ser ilustrado conforme diagrama representado na figura 2.

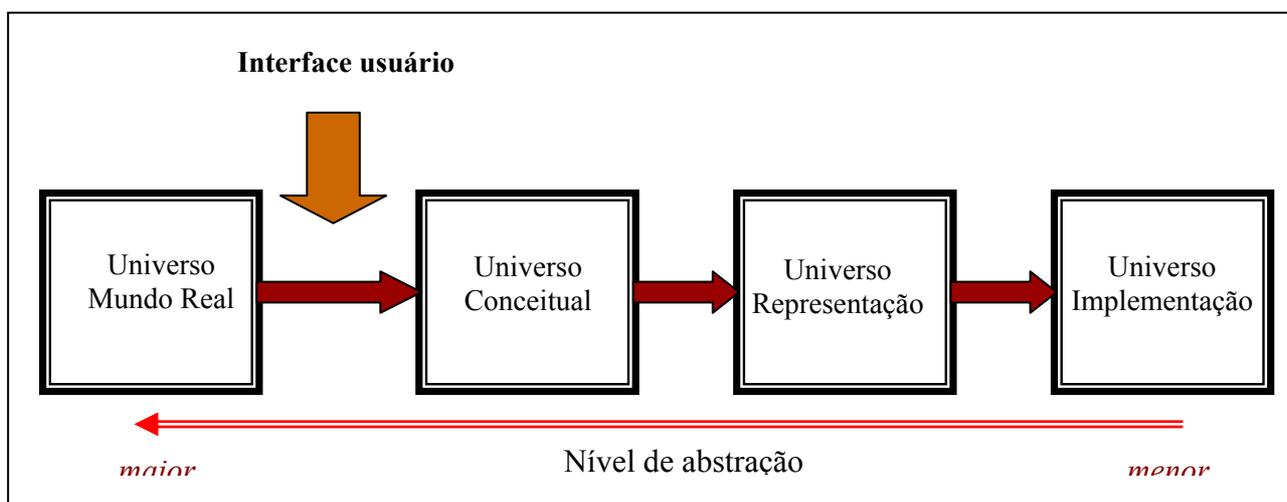


Figura 2. Diagrama de modelagem segundo o paradigma dos quatro universos. FONTE: CRUZ, 2000.

Deste diagrama constam resumidamente, as seguintes informações:

- O universo do **mundo real**, que inclui as entidades da realidade a serem modeladas no sistema;
- O universo **conceitual** (ou matemático), que inclui a definição formal das entidades a serem incluídas no modelo;
- O universo de **representação**, onde as entidades formais são mapeadas para representações geométricas;
- O universo de **implementação**, onde as estruturas de dados e algoritmos são selecionados baseados no desempenho geral do sistema, dependente da capacidade do equipamento e volume de massa de dados.

Os SIGs, representam as entidades reais do espaço geográficos (estradas, hidrografia, cobertura vegetal, etc.), através da utilização de quatro elementos gráficos fundamentais: pontos, arcos ou linhas, polígonos e anotações (gráficos ou texto) (INPE, 2002).

Outra vantagem dos SIGs é sua capacidade de adquirir (via entrada de dados), armazenar, manipular e apresentar dados referenciados espacialmente (georreferenciados), através de seu banco de dados; isso facilita resolver problemas complexos em pesquisas, planejamento e gerenciamento (FISCHER, 1994 *apud* FONTES & SOUZA, 1997).

Com uma estrutura de dados sistematizados os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), constituem-se em um instrumento eficaz para o gerenciamento de recursos naturais, uma vez que incorpora elementos fundamentais ao manuseio de informações espaciais. As operações com entidades geográficas, realizadas pelos GIS, envolvem desde complexas funções de interligação de dados espaciais a seus atributos, até simples operações como: cálculo de área, perímetro e distância, operações matemáticas entre planos de informação; determinação de melhor caminho entre dois pontos segundo considerações definidas pelo usuário; e zonas de proteção ao redor de entidades geográficas. Através deste manuseio, os SIGs aumentam as prioridades do planejador ambiental, uma das funções da pesquisa geográfica, em traçar caminhos e eleger prioridades factíveis com a visão holística e sistêmica do meio, proporcionando um desenvolvimento ecologicamente equilibrado (FONTES & SOUZA, 1997).

Além de todas essas formas de utilização, os SIGs são ferramentas que permitem associar informações de outras técnicas como o Sensoriamento Remoto, a Cartografia Automatizada, a Estatística Ambiental, entre outras.

Segundo QUEIROZ (1996), os SIGs podem ser utilizados como ferramenta de análise espacial temporo - espacial e locacional, para a modelagem e simulação de situações, apoiando aplicações do tipo: fornecimento de subsídios à elaboração da política de uso e ocupação do solo; planejamento e gerenciamento de equipamentos urbanos; e monitoramento ambiental.

Assim, os Sistemas de Informação Geográfica SIGs tornaram-se uma das muitas tecnologias da informação, que vêm transformando o modo dos geógrafos em conduzir as pesquisas ambientais e oferecer, de maneira mais ampla, maiores contribuições à sociedade. Nas últimas duas décadas, estas tecnologias da informação causaram efeitos expressivos nas técnicas de pesquisa associadas a diferentes disciplinas constantes da grade curricular da Geografia.

Estes avanços na aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na pesquisa geográfica permitiram que os geógrafos integrassem seus dados e métodos apoiando-se, também, nas formas tradicionais de análise geográfica. Desta forma, o SIG passou a permitir a análise por sobreposição de mapas, novas análises e modelagens que vão além da capacidade dos métodos tradicionais. Com os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), foi possível elaborar mapas, modelar, fazer buscas e analisar uma grande quantidade de dados, todos mantidos em um único banco de dados.

De acordo com FOOTE & LYNCH (2002), a importância do SIG como um integrador de tecnologias fica também evidente em seu cotidiano, pois seu desenvolvimento tem se baseado em inovações que ocorreram em disciplinas

distintas como a Geografia, Cartografia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto, Topografia, Geodésia, Estatística, Demografia etc. e, em muitos outros ramos das Ciências Sociais, Ciências Naturais e Engenharias.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), na visão de mundo que está em constantes transformações, se transformam em poderosas ferramentas para compreensão integrada dos assuntos geográficos e ambientais. A figura 3 abaixo permite visualizar que o SIG a organização de dados sobre uma determinada região ou cidade, como um conjunto de mapas, cada um deles exibindo uma informação a respeito de uma característica da região. No caso abaixo, um conjunto de mapas foi obtido para auxiliar o planejamento de transporte urbano. Cada um destes mapas temáticos individualmente é referenciado como um “layer” (camada), “coverage” (cobertura) ou “level” (nível). Cada camada foi cuidadosamente sobreposta de forma que toda localização é precisamente ajustada às localizações correspondentes em todos os outros mapas. O “layer” na base do diagrama é o mais importante, porque representa um reticulado com um sistema de referência (como latitude e longitude) ao qual todos os mapas foram precisamente referenciados. (Figura 3).



SIG: uma tecnologia integradora

Figura 03 – Representação de layers para utilização em SIG

FONTE: FOOTE & LYNCH, 2002 www.prudente.unesp.br/dcartog/gis

Assim, uma vez que estes mapas foram referenciados dentro de um mesmo sistema locacional de referência, as informações exibidas nos diferentes “layers” podem ser comparadas e analisadas em combinação, permitindo que a pesquisa geográfica esteja, na medida do possível, sempre atualizada.

Segundo FOOTE & LYNCH (2002), podem ser comparadas rotas de trânsito à localização de centros comerciais, densidade de população aos centros de trabalho. Em adição, localizações ou áreas podem ser separadas de localizações vizinhas, simplesmente extraindo todos os layers das localizações desejadas a partir de um mapa maior. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) oferecem meios para pesquisar padrões e processos espaciais, tanto para uma localização pontual, como para uma região como um todo. Os “layers” são informações, portanto nem todas as análises geográficas realizadas irão utilizar todos os “layers” de mapas simultaneamente, em alguns casos, dependendo do objetivo da pesquisa geográfica

proposta, um pesquisador usará seletivamente a informação para considerar informações entre camadas específicas.

O grande potencial dos SIG surge da sua habilidade de integrar grandes quantidades de informação sobre o ambiente, prover um repertório poderoso de ferramentas analíticas para explorar estes dados. Além desse potencial, os SIG proporcionam que sejam formadas centenas de camadas de mapas para exibir informações pertinentes à pesquisa geográfica, como: redes de transporte, hidrografia, características da população, atividades econômicas, jurisdições políticas e outras características dos ambientes naturais e sociais.

No âmbito da pesquisa ambiental, um forte campo na ciência geográfica, XAVIER-DA-SILVA (1997) coloca que os problemas ambientais apresentam certas características, que merecem destaque e análise por geógrafos através de pesquisas. Exemplos dessas características são elencados a seguir:

- os problemas ambientais podem apresentar efeitos sub-reptícios que, embora não notáveis imediatamente, podem ter caráter cumulativo;
- geram, freqüentemente, situações ética ou politicamente indefensáveis, incidentes, muitas vezes, sobre parcelas carentes da população;
- manifestam-se localmente, embora possam ser reflexos de decisões tomadas remotamente;
- seu equacionamento, para apoio à decisão, requer integração de numerosos e diversificados tipos de variáveis ambientais físicas, bióticas e socioeconômicas, muitas delas com definida ou definível expressão territorial.

Dentre todas as características principais apresentadas sobre a pesquisa ambiental, o Sistema Geográfico de Informação pode ser entendido, nas situações acima apresentadas, como um poderoso elo de ligação entre diferentes campos da pesquisa ambiental (XAVIER-DA-SILVA op cit).

Assim, os Sistemas Geográficos de Informação possuem um amplo campo de atuação, que segundo CAMARA (1995), o mapeamento do mundo geográfico é uma função de três domínios: a natureza empírica da realidade, o modo de observação e os propósitos e interações humanas. Estes domínios caracterizam a modelagem conceitual das entidades geográficas.

Apesar do seu potencial, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) ainda são utilizados de forma incipiente, segundo PIRES & MEDEIROS (1996), existindo diversas razões que demonstram isso, como:

- ausência de metodologia de planejamento;
- não existem métodos padrões que auxiliem o usuário na determinação precisa de quais dados devem ser coletados para a obtenção das informações desejadas;
- custo da coleta a entrada de dados é uma tarefa dispendiosa, correspondendo a 60% de todo investimento de implantação de uma aplicação geográfica

- Com a ausência de facilidades de gerenciamento de dados, muitos GIS hoje disponíveis no mercado não têm suporte pleno de um Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGDB), o que vem dificultando a verificação e segurança dos dados. Por fim, a impedância funcional entre sistema e usuário, faz com que cada GIS implementa um modelo de dados próprio, distante da terminologia utilizada e do entendimento do mundo real pelos usuários, dificultando, desta forma, o treinamento e o seu uso adequado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a bibliografia a qual nos baseamos para escrever o presente texto, podemos fazer algumas considerações, que não possui o intuito de esgotar a temática, mas de amarrar algumas considerações feitas no decorrer do texto e possivelmente abrir um novo leque de discussões.

Já é um consenso a necessidade de se ter dados armazenados de forma georreferenciado objetivando transforma-los em informações de conteúdo espacial, neste ponto recai a essência dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Um dos grandes avanços previstos para as ciências ambientais em especial a geográfica consiste no projeto desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde hoje, existe a possibilidade da aquisição de uma base planialtimétrica, apresentada de forma georeferenciada para todo o território nacional. Este fato garante a proliferação de diversos trabalhos que utilizam a tecnologia do GIS em suas pesquisas, associando as informações espaciais com a base do IBGE, possibilitando uma redução significativa no tempo e no custo das pesquisas.

Outros avanços são os sistemas de alta resolução, como é o caso do IKONOS que possibilita a identificação espacial próximas a 1 metro, permitindo a interpretação espacial em escalas cartográficas de alta resolução, o que possibilita o desenvolvimento de pesquisas e projetos associados a escalas locais, como por exemplo, em estudos urbanos e de impactos ambientais localizados.

Mas, um dos maiores problemas ainda hoje existentes consiste na associação entre as escalas cartográficas e taxonômicas. Nesse sentido ainda existe uma carência de modelos que atendam sistematicamente legendas temáticas indicadoras de projetos voltados para o mesozoneamento (escala nacional), macrozoneamento (escala regional) e para o microzoneamento (escala local), permitindo assim atender problemáticas específicas em todas as escalas.

A inexistência deste segmento dificulta um estudo transdisciplinar tendo em vista os dados que não se apresentam homoganeamente dentro de cada zoneamento acima referido.

Por fim, acredita-se que em termos tecnológicos os SIGs estão no patamar que atendem as expectativas de avaliações e projetos de controle ambiental em todos os ramos da pesquisa geográfica, no entanto, os problemas atuais transcenderam o escopo tecnológico e recai na essência dos dados primários, ou seja, a questão deixa de ser meramente o domínio do *know how* e passa para a necessidade do entendimento do *know whay* (por que) e no *know why* (para que).

BIBLIOGRAFIA

ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. WDL Publications. Ottawa, Canadá.1989.

ASSAD, E.D. & SANO E.E. **Sistema de Informações Geográficas – Aplicações na Agricultura**. Planaltina DF: EMPRAPA – CPAC, 1993.

BELTRAME, A. da V. Diagnóstico do meio físico em bacias hidrográficas: modelos e aplicações. Florianópolis, Ed. UFSC, 1994.

BRANCO, M. L. D. C. **A Geografia e os Sistemas de Informação Geográfica**. In Revista Território nº 02, vol 1 – jan-jun, LAGET/UFRJ. Rio de Janeiro, 1997.

BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for land resources assessment**. Oxford: Oxford University Press, 1986.

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

CARVALHO, M. S., PINA, M. de F. de., SANTOS, S. M. **Conceitos Básicos de Sistema de Informação Geográfica e Cartografia Aplicados à Saúde**. Brasília/DF: Organização Panamericana de Saúde e Ministério da Saúde,2000.

COWEN, D.J. **GIS versus CAD versus DBMS: What are the differences**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54:1551-4, 1998.

CRUZ, C. M. **As Bases Operacionais para a Modelagem e Implementação de um Banco de Dados Geográficos em Apoio à Gestão Ambiental - um Exemplo Aplicado à Bacia de Campos** Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro / Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG), Instituto de Geociências, Departamento de Geografia.Rio de Janeiro: UFRJ/ Geociências, 2000. 377 p

DOLFUS, O. **O espaço geográfico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.

FONTES, A. T. & Souza, M. P. de. **Diagnósticos e cenários ambientais utilizando o SIG na conservação de recursos hídricos: o caso de Ribeirão Preto**. In Anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Vitória ES ABRH, 1997.

FOOTE, K. E. & LYNCH, M. **The Geographer's Craft Project**. Departamento de Geografia da Universidade do Texas Austin,2002 in www.prudente.unesp.br/dcartog/gis

GARCIA NETTO, L. da R. **Organização de dados e informações com vistas a elaboração de estratégias para o desenvolvimento do centro-norte matogrossense/Brasil**. Tese de Doutorado. Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis, 200. 204 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE Fundamentos de Geoprocessamento – Tutorial. DPI – INPE, 2002 (mimeog)

LINS, M.P.E & FERREIRA FILHO, V. J. M. **Sistemas de Informações Geográficas e Modelagem em Pesquisa operacional**. COPE, 2002 <http://members.tripod.com> acessado em 07/05/2002.

QUEIROZ, E. A de. **A utilização do Sistema de Informações Geográficas no estudo da dinâmica do escoamento superficial de áreas urbanas: aplicação na bacia do Córrego do Gregório**, São Carlos, SP. Dissertação de Mestrado em Hidráulica e Saneamento. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos USP, 1996.

MARQUES, J.S, ARGENTO M.S.F, FERNANDES PEREIRA, M.F. **Unidades de Manejo Ambiental no Norte Fluminense “ S.Paulo”**.Geografia”- vol.8 - no. 15/16 - outubro - pp 29/73.

MOURA, A. C.M. **Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano e à gestão do patrimônio histórico de Ouro Preto – MG**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências – Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.476p.

MATOS, J. I. de. **Fundamentos de Informação Geográfica**. Lisboa-Porto-Coimbra: .Ed. Lidel , 2001.

PIRES, F. & MEDEIROS, C. B. **Um ambiente computacional de modelagem de Aplicações Geográficas**. Caderno de Informações Georreferenciadas – CIG. Vol 1, Número 1,Campinas, 1996.

ROCHA, C. E. B. **Geoprocessamento – Tecnologia Transdisciplinar**. Juiz de Fora-MG: Ed. Do Autor, 2000.

RODRIGUES, M. **Introdução ao Geoprocessamento**. In Anais do Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo, 1990,p 1-26.

TEIXEIRA, A., CHRISTOFOLETTI, A, MORETI, E. **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**. Rio Claro: Ed. Dos Autores, 1992.

XAVIER-DA-SILVA. **Metodologia de Geoprocessamento**. Revista de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro Vol 1-1997 páginas 25-34.

XAVIER-DA-SILVA, J. **SGIs: uma proposta metodológica**. Rio de Janeiro: Lageop, 1999.54 p. (apostila do curso de Especialização em Geoprocessamento – mídia cd-rom)

XAVIER-DA-SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2001.

www.prudente.unesp.br/dcartog/gis