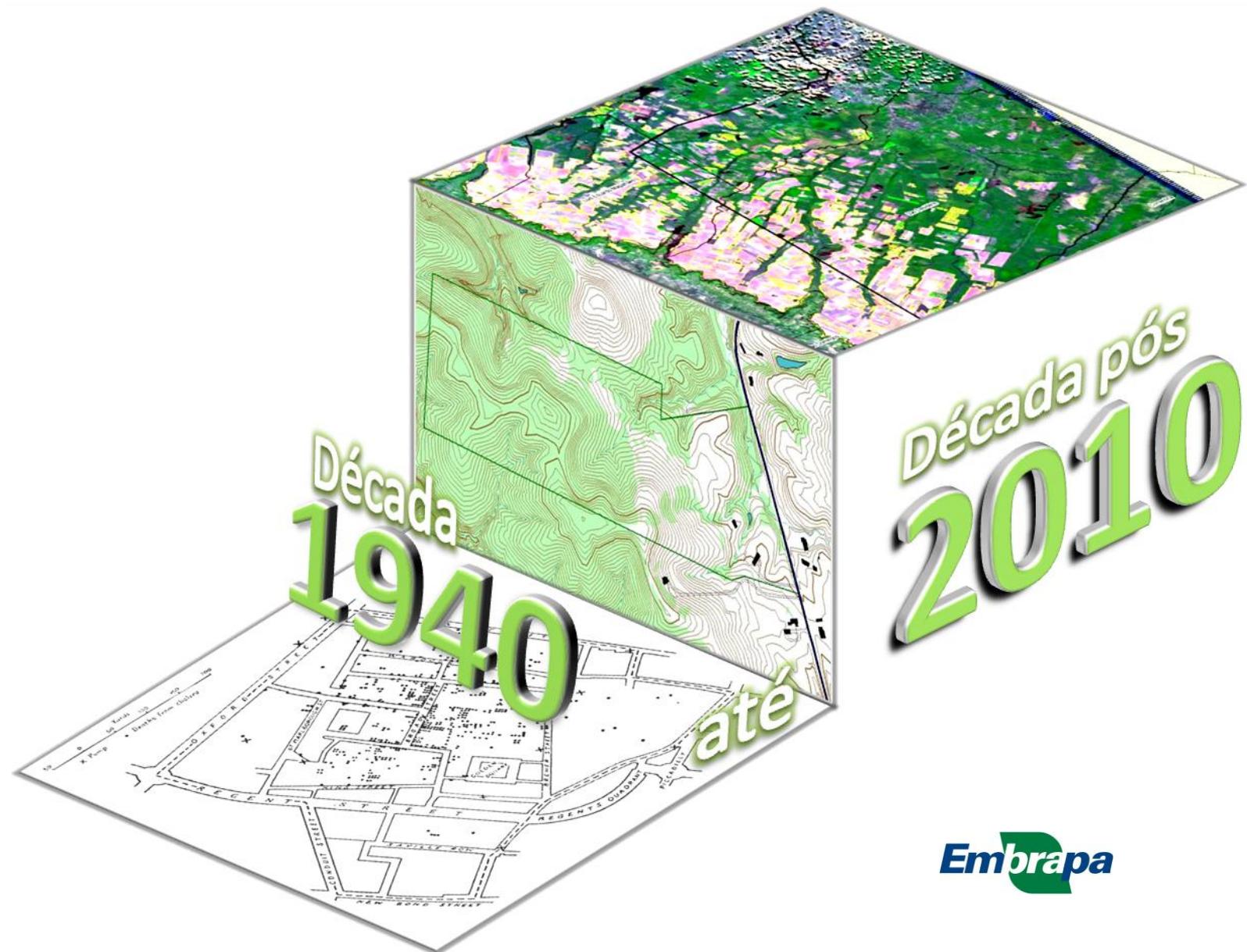


A evolução histórica dos Sistemas de Informações Geográficas



ISSN 0103-7811

Dezembro, 2011

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Monitoramento por Satélite
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Documentos 90

A evolução histórica dos Sistemas de Informações Geográficas

Édson Luis Bolfe
Luiz Eduardo Vicente
Ricardo Guimarães Andrade
Daniel de Castro Victoria
Mateus Batistella

Embrapa Monitoramento por Satélite
Campinas, SP
2011

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão

CEP 13070-115 Campinas, SP

Telefone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

www.cnpm.embrapa.br

sac@cnpm.embrapa.br

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Cristina Criscuolo*

Secretária-Executiva: *Shirley Soares da Silva*

Membros: *Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio, Graziella Galinari, Luciane Dourado e Vera Viana dos Santos*

Supervisão editorial: *Cristina Criscuolo*

Revisão de texto: *Graziella Galinari*

Normalização bibliográfica: *Vera Viana dos Santos*

Tratamento de ilustrações e editoração eletrônica: *Shirley Soares da Silva*

1ª edição

1ª impressão (2011): versão digital.

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Monitoramento por Satélite

Bolfe, Édson Luis

A evolução histórica dos Sistemas de Informações Geográficas / Édson Luis Bolfe, Luiz Eduardo Vicente, Ricardo Guimarães Andrade, Daniel de Castro Victoria, Mateus Batistella. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011.

17 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos, 90).

ISSN 0103-7811.

1. Sistema de informação geográfica. 2. Aspecto histórico. I. Vicente, Luiz Eduardo. II. Andrade, Ricardo Guimarães. III. Victoria, Daniel de Castro. IV. Batistella, Mateus. V. Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite (Campinas, SP). VI. Título. VII. Série.

CDD 910.285

© Embrapa, 2011

Autores

Édson Luis Bolfe

Engenheiro Florestal, Doutor em Geografia, Pesquisador da
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
bolfe@cnpm.embrapa.br

Luiz Eduardo Vicente

Geógrafo, Doutor em Geografia, Pesquisador da
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
vicente@cnpm.embrapa.br

Ricardo Guimarães Andrade

Engenheiro Agrícola, Doutor em Meteorologia Agrícola, Pesquisador da
Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP
ricardo@cnpm.embrapa.br

Daniel de Castro Victoria

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências, Pesquisador da
Embrapa Monitoramento por Satélite
daniel@cnpm.embrapa.br

Mateus Batistella

Biólogo, Ph.D. em Ciências Ambientais, Pesquisador da
Embrapa Monitoramento por Satélite
mb@cnpm.embrapa.br

Sumário

| | |
|---|----|
| Introdução | 7 |
| Metodologia de trabalho | 8 |
| Evolução dos sistemas de informações geográficas | 9 |
| Década: 1940-1949..... | 9 |
| Década: 1950-1959..... | 9 |
| Década: 1960-1969 | 11 |
| Década: 1970-1979 | 11 |
| Década: 1980-1989 | 12 |
| Década: 1990-1999 | 13 |
| Década: 2000-2009 | 14 |
| Década: Pós 2010 | 15 |
| Considerações finais | 17 |
| Referências | 17 |

A evolução histórica dos Sistemas de Informações Geográficas

Édson Luis Bolfe

Luiz Eduardo Vicente

Ricardo Guimarães Andrade

Daniel de Castro Victoria

Mateus Batistella

Introdução

A necessidade de identificar diferentes dados em uma série de mapas e depois tentar analisá-los e relacioná-los é uma ideia muito mais remota do que a existência dos atuais sistemas de informações geográficas. A evolução dos sistemas de informações não aconteceu como um fato isolado e sim perpassa a própria história da humanidade e a evolução das Geociências. Essa evolução é evidenciada quando se compara os primeiros cálculos desenvolvidos pelos sumérios com os cálculos desenvolvidos em supercomputadores, as representações cartográficas da Terra estabelecidas por Ptolomeu com as imagens de sensores hiperespectrais, as referências espaciais obtidas pelo astrolábio com o sistema de posicionamento global por satélite (GPS), os registros de dados nos mapas dos portulanos com os programas do tipo Computer Aided Design (CAD). Segundo Ferreira (2003, p. 18).

[...] buscar as origens e o arcabouço do pensamento espacial na Geografia é fundamental neste momento, já que as pesquisas contemporâneas que adotam instrumentais geotecnológicos têm tentado mostrar equivocadamente que o SIG nasceu dentro do SIG". Esse autor evidencia que as técnicas de análise espacial, disponíveis nos SIGs, foram concebidas sem a necessidade prioritária de computadores, surgindo como produtos da tradição geométrica das geografias inglesa e americana, entre 1950 e 1970.

Nessa ótica, entende-se que a tecnologia existente nos atuais modelos de SIG não se limita ao conhecimento fragmentado de uma ciência, e sim fundamenta-se pela interdisciplinaridade. Conhecimentos de áreas ligadas à cartografia, geografia, engenharia, matemática e computação gráfica estão comumente materializados em softwares de SIG (BOLFE et al., 2008).

Inúmeras instituições, governos, empresas e cientistas participaram nessas últimas décadas no processo de evolução e aprimoramento dos SIGs. Exemplo clássico das primeiras espacializações de dados foi o trabalho desenvolvido por John Snow em 1854, que utilizou o endereço de casos detectados de cólera em uma base cartográfica da cidade de Londres para identificar a fonte causadora de um surto dessa doença.

O procedimento de localizar a residência dos infectados permitiu definir com precisão que, no centro, na zona do Soho em Londres, existia um poço de água contaminada e este seria a fonte causadora do surto. Esse exemplo forneceu evidência empírica para a hipótese (posteriormente comprovada) de que o cólera é transmitido pela ingestão de água contaminada e representa uma situação típica na qual a relação espacial entre os dados dificilmente seria inferida pela simples listagem dos casos de cólera e dos poços. Dessa forma, o mapa elaborado pelo Dr. Snow passou a ser considerado como um dos primeiros exemplos de análise espacial na história, iniciando um processo de instrumental para a tomada de decisão (Figura 1).

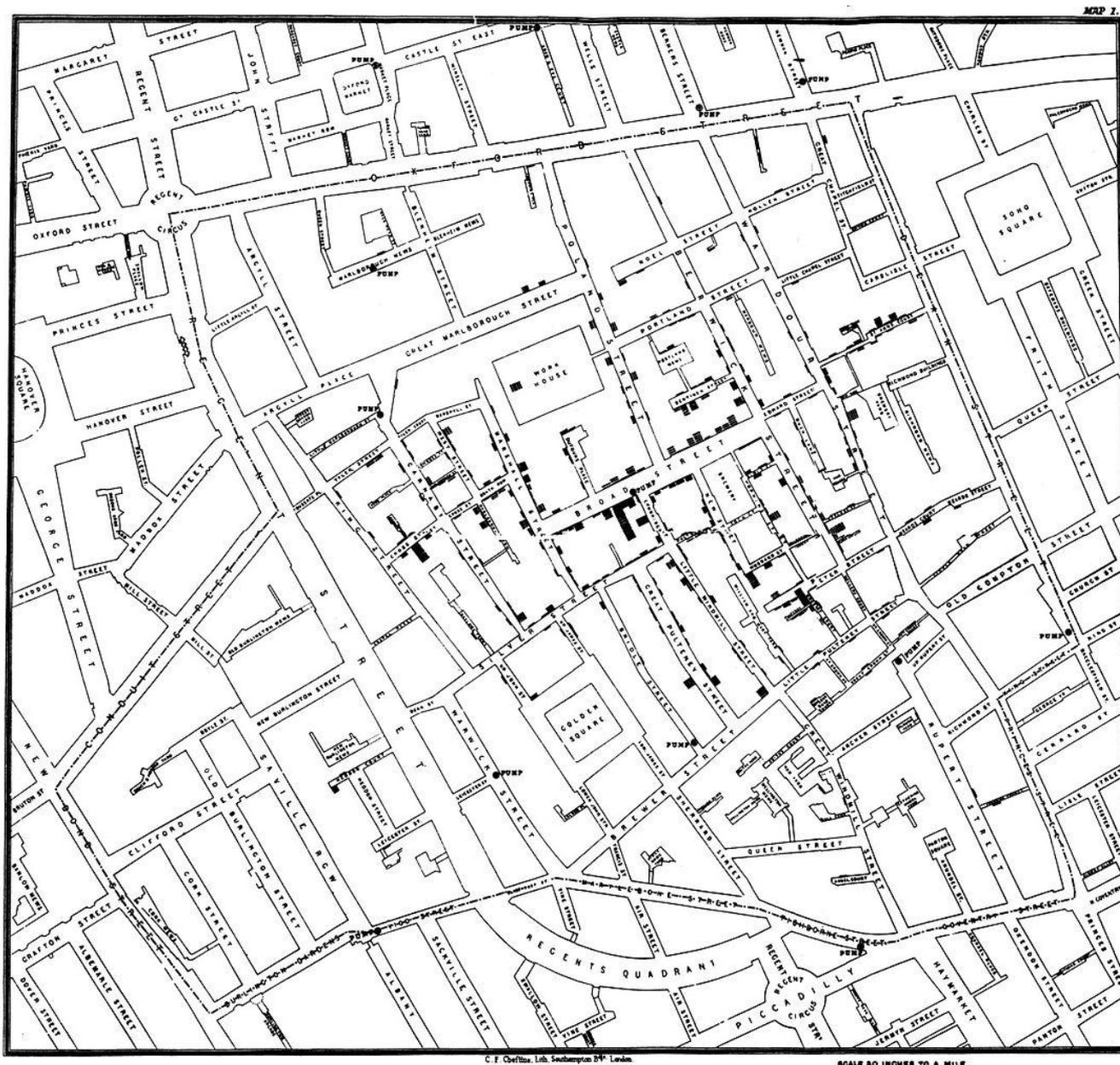


Figura 1. Mapa elaborado pelo Dr. Snow em 1854 com a localização dos poços d'água e dos casos de cólera.
Fonte: Snow (1854).

Este documento apresenta uma breve síntese, por década, das principais ocorrências da evolução histórica dos SIGs. Espera-se que possa contribuir com as discussões teóricas e metodológicas acerca da informação geográfica e suas potencialidades, visto que os materiais de referência em português sobre essa temática ainda são escassos.

Metodologia de trabalho

O trabalho foi realizado a partir de pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto em periódicos, jornais, livros e sites da Internet. A fundamentação teórica desse estudo foi feita a partir da leitura, análise e interpretação dos textos que também permitiu o conhecimento das contribuições técnico-científicas das últimas décadas para a evolução dos sistemas de informações geográficas. A estruturação desse conhecimento subsidiou o entendimento da concepção conceitual que fundamenta a evolução dos SIGs.

Evolução dos sistemas de informações geográficas

Década: 1940-1949

Antes do advento da informática e da popularização dos computadores pessoais, os sistemas de informação nas organizações baseavam-se fundamentalmente em técnicas de arquivamento e recuperação de informações de grandes arquivos. Normalmente existia a figura do profissional "arquivador", designado como responsável por registrar os dados, catalogá-los, organizá-los e recuperá-los quando necessário. Essa metodologia, apesar de sua aparente simplicidade, exigia um elevado esforço para manter os dados atualizados e para recuperá-los.

Os sistemas de informação pioneiros, caracterizados pela simplicidade dos dados, informações, métodos e técnicas, por suas limitações e baixa eficiência, sofreram mudanças radicais baseadas em dois fatos: (1) a concepção da teoria dos sistemas complexos, pautada no surgimento de novas disciplinas científicas de cunho multidisciplinar, como a Engenharia de Sistemas e a Ciência da Informação, que tratam da interação e análise de grande volume de dados (BERTALANFFY, 1973); (2) as demandas por uma nova forma de gestão do território, sublimadas pelo ambiente inter grandes guerras, que exigia novos métodos de aquisição e análise do mais complexo dos dados, o de cunho espacial, razão histórica para o surgimento dos SIGs (VICENTE; PEREZ FILHO, 2003).

As primeiras tentativas de fundamentação teórica dos SIGs surgiram nessa década. Parent (1988) cita o geógrafo sueco Torsten Hagerstrand, que desenvolveu a teoria da difusão espacial, e Harold MacCarty, da Universidade de Washington, entre os primeiros a desenvolver os métodos quantitativos de análise espacial. Essa década também foi marcada pelo início da era da computação moderna (computadores da "primeira geração"), com circuitos eletrônicos, relés, capacitores e válvulas substituindo seus equivalentes mecânicos e o cálculo digital substituindo o cálculo analógico, processo que se inicia antes da Segunda Guerra Mundial e se desenvolve durante essa guerra. Esses computadores utilizavam-se frequentemente de cartões perfurados para a entrada de dados e como memória de armazenamento principal (não volátil) e abriram novos horizontes de pesquisa, pela possibilidade de manipulação de arquivos de dados (IBM, 2010). Essa evolução proporcionou novas formas de pesquisas e análise de dados espaciais. Silva (2003, p. 62) ressalta que "com o avanço de diversas tecnologias na década de 1940, especialmente o aparecimento dos primeiros computadores eletrônicos, modificaram-se os padrões clássicos da Cartografia". O processo de cálculos matemáticos via computadores abriu possibilidades de pesquisa na manipulação de grandes volumes de dados, especialmente de dados espaciais. Iniciava-se assim, um novo momento nas Geociências, que apresentava transformações tecnológicas que influenciariam os estudos e pesquisas das próximas décadas, em particular na área da geração de modelos complexos e alternativos de simulação de eventos futuros.

Década: 1950-1959

A década foi marcada por um forte desenvolvimento nas formas de representação da superfície terrestre, principalmente no período pós Segunda Guerra Mundial, ocorrido em função da evolução dos estudos geodésicos, topográficos, aerofotogramétricos e matemáticos e das aplicações transversais e sistêmicas na realização de análises espaciais.

Esse desenvolvimento permitiu representar os fenômenos ocorrentes na superfície terrestre de forma e precisão únicas para a época. Posteriormente, com a evolução crescente da computação, iniciaram-se as atividades relacionadas à representação temática em bases cartográficas, com destaque para a representação da variação magnética e das correntes de ar, e para as tentativas iniciais de representação de dados

geofísicos, geológicos e meteorológicos. Nessa década, também ocorreram as tentativas iniciais de automatizar o processamento de dados com características espaciais. Na Inglaterra, essas tentativas objetivaram principalmente minimizar os custos de elaboração e manutenção de mapeamentos ligados à pesquisa em botânica. Nos EUA, realizaram-se os estudos de volume de tráfego, envolvendo planos integrados de transportes para as cidades de Detroit e Chicago, por meio de análise estatística relacionada com a distribuição espacial. Os trabalhos desenvolvidos em Detroit e Chicago permitiram a elaboração do aplicativo *Cartographatron* pela *Armour Research Foundation*, no ano de 1958, o qual permitia representar graficamente o volume de tráfego das rodovias (TOBLER, 1959). Essa década também foi marcada pelo lançamento do primeiro computador eletrônico da IBM (*International Business Machines*), o RAMAC 305, e pelo início da terceira geração de computadores, caracterizada pelos circuitos integrados (IBM, 2010).

Paralelamente a esse desenvolvimento, acirrava-se a corrida espacial. Em 1957, os soviéticos surpreenderam o mundo ao lançarem o Sputnik I, primeiro satélite artificial a entrar em órbita na Terra. Um mês mais tarde, enviaram ao espaço o primeiro ser vivo, a cadela *Laika*, a bordo do SputnikII. A reação americana foi imediata. Em 1958, criou-se a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), que lançou, nesse mesmo ano, o primeiro satélite artificial americano, o Explorer I. Em 14 de agosto de 1959, foi obtida a primeira imagem da Terra vista do espaço, produzida a bordo do satélite americano *Explorer VI* (Figura 2). Esse fato estabeleceu os paradigmas da análise espacial para a próxima década. Mapeou-se e gerou-se um volume de dados como nunca antes visto e a demanda pela sistematização, acesso e modelagem eficiente desse volume de dados tornou-se prioridade, concretizada principalmente na década seguinte.



Figura 2. Primeira imagem obtida pelo satélite Explorer VI em 14 de agosto de 1959 da região central do Oceano Pacífico com cobertura de nuvens.

Fonte: NASA (2011).

Década: 1960-1969

No início dos anos 1960, com a evolução dos sistemas computacionais, inúmeros grupos acadêmicos se formaram com o objetivo de desenvolver programas automatizados já dentro do conceito de sistemas de informação. No âmbito da análise espacial, teve grande destaque o conceito de Matriz Geográfica proposto por Berry (1964), que tratava de representações de fenômenos geográficos na forma de matriz, com as variáveis nas linhas e as unidades territoriais nas colunas. Esse arcabouço teórico-metodológico gerou os conceitos de sítio e situação, os quais possuem significados relevantes para a análise espacial e as operações de modelagem de mapas realizadas nos atuais SIGs.

No Canadá, formou-se uma parceria entre Roger Tomlinson e a IBM, que aprovaram, junto ao Departamento de Agricultura do Governo Canadense, o projeto denominado CARDA (*Canadian Agricultural Rehabilitation and Development Administration*), cuja direção coube a Tomlinson. Desse projeto, que visava subsidiar o planejamento territorial rural do Canadá e minimizar impactos ambientais, surgiu, em 1964, o sistema CGIS (*Canadian Geographical Information System*). O CGIS foi considerado historicamente o primeiro SIG desenvolvido. A partir de 1967, os Estados Unidos desenvolveram o projeto MIDAS, do Serviço Florestal Americano, considerado o primeiro sistema completo para administração de recursos naturais, e o projeto DIME (*Dual Independent Map Economic*), do *U.S. Bureau of the Census*, que criou o programa denominado “*Geographic Base File*”, desenvolvido para construir representações digitais de ruas e zonas censitárias (BARR, 1996).

Esse rápido desenvolvimento tecnológico viabilizou uma “revolução quantitativa” na Geografia. Segundo Christofletti (1999, p. 30),

[...] as origens da análise espacial remontam ao desenvolvimento da quantificação na Geografia e da ciência regional, durante o início da década de 1960, quando os estudos procuraram focalizar as características dos padrões espaciais

Nesse período, pode-se destacar a consolidação da abordagem geossistêmica, definida como um modelo global de apreensão da paisagem baseado nas formações naturais e que obedece à dinâmica dos fluxos de matéria e energia, conjuntamente com os seus aspectos antrópicos (SOTCHAVA, 1977). Esse conceito foi amplamente desenvolvido e aplicado em termos práticos por Bertrand e Sotchava, seus mais significativos expoentes, sobretudo no que tange à aplicação de pressupostos cartográficos através de limites mensuráveis (e.g. km, m) e escalas físico-territoriais, como: zona, domínio, região natural, geossistema, geótopos e geofácies (BERTRAND, 1972; SOTCHAVA, 1977). Seria uma das principais aproximações conceituais da abordagem geográfico-cartográfica da linguagem dos SIGs, juntamente com a contribuição dos modelos e operadores matemáticos (área de influência = buffer, objeto, geobjeto ou zona = lógica booleana e fuzzy).

Década: 1970-1979

No decorrer da década de 1970, a produção de novos recursos de *hardware* viabilizou o desenvolvimento de sistemas de informação comerciais. Assim, difundiu-se a expressão *Geographic Information System* ou sistemas de informações geográficas. Nessa época, também apareceram os primeiros sistemas comerciais do tipo CAD, que melhoraram significativamente as condições para a produção de desenhos e plantas para engenharia e tornaram-se os precursores dos primeiros *softwares* de cartografia automatizada.

Durante os anos 1970, foram estabelecidos alguns novos fundamentos matemáticos voltados para a Cartografia, incluindo questões de geometria computacional, que impulsionaram a disseminação dos SIGs.

Do ponto de vista acadêmico, destacaram-se os estudos de Howard Fisher, do *Harvard's Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis*, que contribuíram para o desenvolvimento dos atuais sistemas e ainda continuam influenciando o desenvolvimento dessa tecnologia. Comercialmente, foi nesse período que surgiram empresas de aplicativos baseados em SIG, como a Gimms, Esri, Intergraph, Synercon, Comarc e Computer Vision, entre outras.

Evidencia-se, nesse momento, certa prioridade para a pesquisa científica e tecnológica do espaço, viabilizada com a construção de estações e ônibus espaciais e com o lançamento de sondas espaciais. Em 1971, os soviéticos lançaram a primeira estação orbital, a SALYUT, seguida de outras seis do mesmo programa. Inúmeras pesquisas (meteorológicas, físicas, químicas, biológicas, astronômicas, de medicamentos, de matérias-primas) foram realizadas na ausência de gravidade. Em 1972, os Estados Unidos lançaram o primeiro satélite com o propósito de gerar imagens sistemáticas sobre os recursos terrestres, o LANDSAT 1. Conforme Teixeira et al. (1995, p. 23), “[...] a década de 1970 foi o período de difusão do SIG, com interesse crescente dos órgãos governamentais, principalmente nos Estados Unidos”. Entre as instituições, destacava-se a CIA (*Central Intelligence Agency*), que desenvolveu um banco de dados mundial para suprir suas necessidades e posteriormente o tornou acessível ao público. Porém, somente poucas empresas e instituições desenvolveram e utilizaram essa tecnologia no período, em virtude dos elevados custos, da limitação dos bancos de dados e do fato dos SIGs ainda utilizarem exclusivamente computadores de grande capacidade.

Década: 1980-1989

A partir da década de 1980, a tecnologia de SIG iniciou um período de acelerado crescimento. A popularização e barateamento das estações gráficas de trabalho e o surgimento e evolução dos computadores pessoais, dos sistemas gerenciadores de bancos de dados relacionais e da ligação de dados gráficos e alfanuméricos promoveram uma grande difusão do uso desses sistemas. Aliado a esse crescimento, ocorreu uma significativa evolução dos equipamentos de *hardware* e periféricos, permitindo uma manipulação de dados geográficos de forma mais efetiva. Iniciou-se assim um novo período, no qual as empresas privadas e a comunidade científica começaram a investir e a pesquisar com maior intensidade essa tecnologia, com destaque para os estudos de Dana Tomlin para os primeiros sistemas em SIG - raster (*MAP - Map Analysis Package*) e de Jack Dangermond, que iniciou o desenvolvimento de um SIG - vetor, que mais tarde se tornou o programa *Arclnfo*. Destacaram-se as aplicações nos setores da economia e meio ambiente, principalmente na Alemanha, Inglaterra, Itália, França, Holanda, Noruega, Suécia, União Soviética, Israel, Austrália, China, Brasil e África do Sul. Nos Estados Unidos, a criação dos centros de pesquisa que formaram o *National Center for Geographic Information and Analysis* (NCGIA, 1989) proporcionou um aumento no leque de aplicações de SIG, marcando o estabelecimento de um novo momento para a área. No Brasil, surgiram grupos de pesquisa e desenvolvimento em SIG, como o do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), da Universidade Estadual Paulista (Unesp), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), do Instituto Militar de Engenharia (IME), da MaxiDATA (iniciado na Empresa de Aerolevantamento AeroSul), da Telecomunicações Brasileiras S.A. (Telebrás), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e o grupo da Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Recife (FIDEM). O destaque, no período, foi o desenvolvimento do SITIM (Sistema de Tratamento de Imagem) e do SGI (Sistema Geográfico de Informações) pelo INPE (Figura 3).



Figura 3. Sistema de Tratamento de Imagem/Sistema de informações geográficas desenvolvido pelo INPE em 1986.
Fonte: INPE (2011).

A década ficou caracterizada pela grande evolução comercial dos SIGs. Teixeira et al. (1995) destacaram que, na década de 1980, os SIGs fugiram dos moldes anteriores e passaram a ser usados nos setores industriais e comerciais. Como consequência, houve um maior interesse no seu desenvolvimento, que resultou em rápida evolução tecnológica e mais rapidez, facilidade e flexibilidade na manipulação de dados geográficos. Essa rápida evolução, por sua vez, trouxe preocupação com a compreensão e o aprendizado da fundamentação teórica vinculada aos SIGs. Conforme Câmara e Medeiros (2003, p. 84),

[...] como esse desenvolvimento foi motivado desde o início por forte interesse comercial, não foi acompanhado por um correspondente avanço nas bases conceituais da geoinformação; como resultado, o aprendizado do Geoprocessamento tornou-se dificultado.

Década: 1990-1999

Os anos 1990 consolidaram definitivamente o uso dos SIGs como instrumento de apoio à tomada de decisão. Os SIGs consolidaram sua saída do meio acadêmico e científico e foram incorporados rapidamente pelo setor comercial, agora também não apenas em aplicações corporativas. Instituições governamentais e grandes empresas começaram a investir significativamente no desenvolvimento de aplicativos para o mercado. As aplicações *desktop* que agregavam diversas funções no mesmo sistema (processamento digital de imagens, análise espacial, modelagem 3D, etc.) consolidaram-se. No início dessa década, iniciou-se a difusão dos benefícios dos usos e aplicações em SIG para usuários não especialistas (PAREDES, 1994).

No fim dos anos 1990, a utilização do ambiente Web - WWW (*World Wide Web*) foi consolidada e grandes corporações passaram a adotar esse instrumento de forma significativa, principalmente para a comunicação e disseminação de dados e informações. Os desenvolvedores de SIGs, atendendo demandas do mercado, remodelaram os aplicativos e estes passaram a fazer uso também do ambiente Web e dessa forma popularizam-se. No Brasil, o INPE inovou e disponibilizou gratuitamente o Spring (Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas).

Essa década foi marcada pelo fato do usuário da tecnologia SIG não necessitar mais ser um especialista em geotecnologias. Por outro lado, cresceu a preocupação dos geógrafos e geocientistas, especialistas em análise espacial, com as metodologias adotadas e sua adequação com o pensamento científico e as tendências da era pós-moderna. Goodchild (1991), discutindo a difusão do SIG, alertou para o fato do mesmo ser utilizado como mera “caixa de ferramentas” (*toolbox*), e defendeu a criação de uma Ciência da Informação Geográfica. Enfatizou ainda que as carências em SIG estavam no usuário - não em conhecimentos de informática, mas sim em conceitos e em princípios de análise espacial. Silva (2003) afirma que no início dos anos 1990, as funções desses sistemas já estavam muito bem estabelecidas e que, a partir desse momento, prevaleceu o aumento crescente da integração do usuário com o SIG, facilitando o uso dos aplicativos.

Em função do aprimoramento das discussões técnico-científicas em torno dessa tecnologia, o meio acadêmico e técnico participou de um processo que possibilitou um salto qualitativo e quantitativo do número de usuários em SIG e o surgimento de inúmeros sites especializados, livros, revistas científicas etc. Um estudo desenvolvido pelo *Soil Conservation Service* nos Estados Unidos, em 1992, já apontava a existência de 83 mil usuários de SIG, em diferentes cidades, estados, agências federais e empresas privadas (SILVA, 2003). Nesse momento, também ganharam destaque a aproximação entre as grandes empresas de SIG e as tradicionais empresas de Tecnologia da Informação (TI), como a Oracle, Microsoft, Google, o que influenciaria sobremaneira a forma e as aplicações dos SIGs nos próximos anos.

Década: 2000-2009

Após a grande popularização dos SIGs, ocorrida nos anos 1990, e o engajamento de grandes empresas de TI, surgiram o *Google Maps* e o *Google Earth*, que propiciaram uma verdadeira revolução no perfil dos usuários de informações geográficas. Além dos usuários especialistas, outros que até então não tinham qualquer contato com essas ferramentas, da noite para o dia passaram a ter acesso a informações de qualquer parte do planeta por meio de aplicações que misturam imagens de satélites, modelos 3D e GPS, bastando que tivessem uma conexão à Internet.

Bolfe et al. (2008) observaram uma significativa incorporação dos conceitos teóricos norteadores de inúmeros estudos de análise espacial aos SIGs, além de recursos de *software* e *hardware* avançados. Essas inovações tecnológicas permitiram a concepção de sistemas amadurecidos conceitualmente, recriando o SIG fundamentado em conceitos de sistemas especialistas (*expert-systems*), da lógica nebulosa (*fuzzy logic*), das redes neurais e das noções de tempo e espaço relativos, possibilitando incorporar princípios da análise sistêmica em suas rotinas e aplicações.

Ademais, o significativo aumento do poder de processamento computacional aponta para novos e promissores caminhos na elaboração de modelos que simulem a dinâmica espacial do uso e cobertura das terras (SOARES-FILHO et al., 2006) e acoplem modelos da superfície terrestre e da atmosfera (OYAMA; NOBRE, 2004). Nesse sentido, em função da crescente pressão antrópica sob os recursos naturais e da crise ambiental, expressa oficialmente como um problema global, observa-se o desenvolvimento de sistemas de informação que executam e espacializam modelos e cenários relacionados aos recursos naturais.

Inúmeros conglomerados empresariais utilizam-se dos SIGs como um fator diferencial em seus produtos. Empresas desenvolvedoras de aparelhos de telefonia celular, por exemplo, incluem como serviços, telefones equipados com mapas e GPS. Montadoras automobilísticas investem no desenvolvimento do *mobile cartography*. Chegou ao mercado bibliotecas geográficas digitais (BGD), produto da evolução dos sistemas de informação, caracterizadas pelo gerenciamento de grandes bases de dados geográficos, com acesso por

redes locais e remotas com interface via Web. Por outro lado, é crescente a necessidade de uma linguagem que unifique e padronize a sistemática de dados, capaz de reunir informações geradas por diferentes fontes. Assim, estão surgindo iniciativas para o desenvolvimento de padronizações em SIG, sendo o Consórcio *OpenGIS* (OGC, 2010) um dos principais grupos com essa preocupação.

Essa década, portanto, é caracterizada pela elevada massificação do uso de SIG, com aplicações nos mais distintos setores da sociedade. Matias (2004, p. 10) destaca que,

[...] o uso dessas tecnologias consolidou-se nas últimas décadas como um importante instrumento de aquisição, de análises e de representação de informações sobre o espaço geográfico. Em um mesmo ambiente de trabalho, diga-se de passagem cada vez menos sofisticado e mais acessível, tanto em termos financeiros como tecnológicos, permite tratar dados provenientes de fontes diversas (...), com escala de abrangência que vai do local ao global.

Década: Pós 2010

Na atual década, o grande desafio da utilização de SIG é a geração de dados e informações geográficas de forma rápida, eficiente e com precisão adequada, permitindo conhecer a distribuição geográfica das atividades antrópicas e suas relações com o meio em que acontecem. Batistella et al. (2008) aponta três aspectos principais que devem ser considerados nesta década no contexto da geoinformação: i) os sistemas sensores, ii) a disponibilidade de dados, e iii) o surgimento de uma comunidade interdisciplinar.

O grande número de sistemas sensores atualmente disponíveis permite gerar análises espectrais, espaciais e temporais em diferentes abrangências geográficas e de forma detalhada e diferenciada. Estas condições valorizam as informações em escala local e permitem gerar análises espaciais em escala regional, gerando produtos e serviços geográficos multiescalares. Exemplificam-se estas potencialidades dos SIGs, através do processamento digital de imagens hiperespectrais e a classificação orientada a objetos de imagens de alta resolução espacial.

Blaschke e Kux (2005) já destacavam que um dos problemas fundamentais da futura sociedade de informação é o manuseio e utilização adequada de grandes conjuntos de dados e que uma importante contribuição para esta sociedade é a conjunção de geodados e os SIGs existentes. Outra grande evolução na disponibilidade de dados é o processamento em nuvem, o qual utiliza memória, capacidade de cálculo e armazenamento em servidores compartilhados e interligados por meio da Internet. Grandes empresas comerciais já estão investindo nesta forma de processamento e a tendência desta tecnologia é evoluir significativamente ao conceito dos atuais SIGs.

Outro aspecto relevante desta década é a forte inserção de conhecimentos interdisciplinares na concepção dos sistemas de informações geográficas. Além das tradicionais áreas, como geografia, engenharias e biologia, a utilização de SIG tem subsidiado inúmeros estudos específicos em áreas da ecologia, geologia, climatologia, antropologia, educação, economia, saúde, ciência social e política. Batistella et al. (2008) enfatizam que a interdisciplinaridade busca conciliar conceitos pertencentes às diversas áreas do conhecimento, relacionados a aspectos sociais, econômicos e ambientais, promovendo avanços por meio das geotecnologias.

Os principais estágios e características da evolução dos SIGs (Tabela 1) permitem uma análise temporal sintética das capacidades e limitações, assim como aguçam o exercício de prever o futuro do perfil dos usuários e as novas aplicações.

Tabela 1. Diferentes estágios, períodos e características da evolução dos SIGs.

| Período | Estágio | Características |
|----------------------|--------------------|--|
| Década: 1950-1959 | Primeira Fase* | <ul style="list-style-type: none"> Período pioneiro dos SIGs, quando o destaque eram os esforços individuais; |
| Década: 1960-1969 | Segunda Fase* | <ul style="list-style-type: none"> Período de regularização das experiências e práticas; Órgãos comprometidos com o desenvolvimento dos SIGs; |
| Década: 1970-1979 | Terceira Fase* | <ul style="list-style-type: none"> Competitividade do setor comercial; Dinamização do desenvolvimento dos SIGs; |
| | Primeira Geração** | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento dos SIGs para ambientes VAX e PC/DOS; Geração caracterizada por SIGs baseados em CAD cartográfico; Sistemas herdeiros da tradição de Cartografia; Limitação do banco de dados; Paradigma típico de trabalho era o mapa (plano de informação); Pouca preocupação de gerar arquivos digitais de dados; Sistemas orientados por projeto (project-oriented GIS); |
| Década: 1980-1989 | Quarta Fase* | <ul style="list-style-type: none"> Período no qual existiu certo domínio dos usuários; Acentuou-se a competição entre fornecedores de SIG; Padronização e sofisticação dos sistemas; Usuários com elevado conhecimento das potencialidades; |
| | Segunda Geração** | <ul style="list-style-type: none"> Geração de SIG (banco de dados geográficos) para o mercado; Aplicações e usos em ambientes cliente-servidor; Acoplamento aos gerenciadores de banco de dados relacionais; Inclusão de pacotes de processamento digital de imagens; Desenvolvimento para ambientes multiplataforma (Unix, OS/2, Windows) com interfaces baseadas em janelas; Sistemas para suporte a instituições (enterprise-oriented GIS); |
| Década: Pós 2000 | Terceira Geração** | <ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento a partir de bibliotecas geográficas digitais; Gerenciamento de grandes bases de dados geográficos; Acesso via redes locais e remotas, com interface via www; Aprimoramento dos bancos de dados espaciais; Características de interoperabilidade, de maneira a permitir o acesso a informações espaciais por SIGs distintos; Sistemas orientados para a troca de informações entre uma instituição e a sociedade (society-oriented GIS). |

Fonte: Adaptado Coppock e Rhind (1991)* e Câmara e Medeiros (2003)**.

Considerações finais

Na construção histórica dos SIGs, nota-se a preocupação em integrar dados espaciais e não espaciais em um único sistema, possibilitando cruzar informações de diferentes fontes e tipos, provenientes de inúmeros bancos de dados. Observam-se os aspectos geopolíticos e técnicos associados a cada período de desenvolvimento, assim como seu direcionamento a posteriori, os quais explicam a evolução significativa dos SIGs, passando inicialmente por simples processos de conversão de arquivos analógicos em digitais. Posteriormente, os SIGs subsidiaram os novos paradigmas da análise espacial de fenômenos geográficos e, mais recentemente, os sistemas baseados em bibliotecas geográficas digitais, o qual permite o acesso à informação geográfica via *Web*.

As disciplinas envolvidas na trajetória histórica do SIG são inúmeras, recebendo contribuições de diversas áreas do conhecimento para formulação de seus conceitos e para a concepção dos projetos, metodologias e implementação de suas aplicações. Destaca-se, nesse sentido, a forte contribuição da ciência dos sistemas complexos no esforço de modelagem e sistematização dos SIGs. Este esforço foi reconhecido tanto nas correntes de pensamento geográfico, quanto em métodos matemáticos e estatísticos, os quais, não por acaso, fornecem a palavra *Sistema* à sigla dos SIGs.

Considerando-se as características técnicas dos planos de informações geográficas, dos parceiros do projeto. As aplicações e a utilização dessa tecnologia tendem a crescer nas mais diversas nações, principalmente pela gama de atividades em que intuitivamente percebe-se em seus fundamentos e aplicações, as quais subsidiam a melhor compreensão do espaço geográfico. Nesse sentido, o resgate do conhecimento pretérito dos pressupostos teórico-metodológicos, bem como as diferentes nuances aplicadas dos SIGs, relatadas nesse artigo, são de fundamental importância para a enlevação e correta aplicação dessa tecnologia, tanto entre usuários como entre desenvolvedores. Assim, as raízes históricas de criação dos SIGs denotam um binômio demanda/aplicação, o qual continua até hoje, e prescinde de conhecimento crítico para que continuemos numa perspectiva sempre promissora no âmbito de pesquisa, desenvolvimento e inovações geoespaciais.

Referências

BARR, R. A comparison of aspects of the US and UK censuses of population. **Transactions in GIS**, v.1, p. 49-60. 1996.

BATISTELLA, M.; MORAN, E.; BOLFE, E. L. Geoinformação e Gestão Ambiental na América Latina e no Caribe em Tempos de Mudanças Globais. In: MORAN, E.; BATISTELLA, M. (Org.). **Geoinformação e monitoramento ambiental na América Latina**. 1. ed. São Paulo: SENAC, 2008. p. 266-277.

BERRY, B. J. L. Approaches to regional analysis: a synthesis. **Annals of the Association of American Geographers**, Washington, v. 54, n.1, p. 1-11, 1964.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351 p.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de ciências da terra**, São Paulo, v. 13, p. 1-27, 1972.

BLASCHKE, T.; KUX, H. **Sensoriamento remoto e SIG avançados** - novos sistemas sensores, métodos inovadores. São Paulo: Oficina de Textos Ltda., 2005. 286 p.

BOLFE, E. L.; MATIAS, L. F.; FERREIRA, M. C. Sistemas de Informação Geográfica: uma abordagem contextualizada na história. **Geografia**, v. 33, n. 1, p. 69-78, 2008.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Tendências de evolução do geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. (Org.) **Sistemas de Informações Geográficas**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2003. cap. XX, p. 411-424.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgar Blüncher, 1999. 236 p.

COPPOCK, J. T.; RHIND, D. W. The History of GIS. In: MAGUIRE, D. J.; GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W. (Ed.). **Geographical Information Systems**. New York: John Wiley and Sons, 1991. v. 1, p. 21-43.

FERREIRA, M. C. **Procedimento metodológico para modelagem cartográfica e análise regional de epidemias de dengue em SIG**. 2003. 231 f. Tese (Livre-Docência em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GOODCHILD, M. F. Geographic Information Science. **Progress in Human Geography**, v. 15, n. 2, p. 194-200, 1991.

IBM. International Business Machines. **IBM Archives**. 2010. Valuable Resources on IBM's history. History of IBM. Disponível em: <<http://www-03.ibm.com/ibm/history/>>. Acesso em: 23 set. 2010.

INPE. **Divisão de Processamento de Imagens**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/nossa_historia.php>. Acesso em: 10 out. 2011.

MATIAS, L. F. Por uma economia política das geotecnologias. **GeoCrítica**, v. 8, n.170, p. 1-16, 2004.

NASA. **First Picture from Explorer VI Satellite**. 1959. Disponível em: <<http://grin.hq.nasa.gov/ABSTRACTS/GPN-2002-000200.html>>. Acesso em: 10 out. 2011.

NCGIA. National Center for Geographic Information & Analysis. **About GIS**. 1989. Disponível em: <<http://www.ncgia.ucsb.edu/>>. Acesso em: 12 nov. 2007.

OGC. Open Geospatial Consortium. **About OGC**. 2010. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/ogc/>>. Acesso em: 03 out. 2010.

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. A simple potencial vegetation model for coupling with the Simple Biosphere Model (SIB). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 203-216, 2004.

PAREDES, A. E. **Sistema de Informação Geográfica**. São Paulo: Érica, 1994. 690 p.

PARENT, P. J. **Geographic Information Systems: evolution, academic involvement and issues arising from the proliferation of information**. 1988. 285 f. Thesis (Master's) - University of Califórnia, Santa Barbara.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-Referenciadas**. Campinas: UNICAMP, 2003. 240 p.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D.; CURRAN, L.; VOLL, E.; CERQUEIRA, G.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modeling conservation in the Amazon basin. **Nature**, London, v. 440, p. 520-523, 2006.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo de geossistemas**. São Paulo: IGEOG/USP, 1977. 49 p.

SNOW, J. **On the mode of communication of Cholera**. 2. ed. London: Churchill, 1854. Disponível em: <<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/27/Snow-cholera-map-1.jpg/1098px-Snow-cholera-map-1.jpg>>. Acesso em: 10 out. 2011.

TEIXEIRA, A. L. A.; MATIAS, L. F.; NOAL, R. H.; MORETTI, E. A história dos SIG's. **Fator Gis**, v. 3, n. 10, p. 21-26, 1995.

TOBLER, W. R. Automation and Cartography. **Geographical Review**, v. 49, n. 4. p. 526-534, 1959.

VICENTE, L.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistemática e Geografia. **Geografia**, v. 28, n. 3, p. 323-344, 2003.



Monitoramento por Satélite

Ministério da
**Agricultura, Pecuária
e Abastecimento**

