

GERENCIAMENTO DE VIAS NÃO PAVIMENTADAS E A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA - SIGs

ELIANE VIVIANI^{1, 2}
MANOEL HENRIQUE ALBA SÓRIA¹
ANTÔNIO NÉLSON RODRIGUES DA SILVA¹

¹ Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos - Departamento de Transportes
Av. Dr. Carlos Botelho, 1465 - Caixa Postal 359
13560-250 - São Carlos - SP
E-mail address: EVIVIANI@BRUSPSC.BITNET

² Autarquia Municipal de Ensino de Poços de Caldas - Faculdade de Engenharia
Av. Pe. Francis Cletus Cox, s/nº - Caixa Postal 705
37701-355 - Poços de Caldas - MG

Resumo. Este trabalho trata da importância das vias não pavimentadas no contexto brasileiro, analisa as potencialidades da tecnologia dos SIGs - Sistemas de Informação Geográfica e discute a viabilidade de utilização desses sistemas no desenvolvimento de um processo de gerenciamento de estradas de terra, com ênfase para as estradas municipais. Apresenta-se ainda a caracterização da área onde se pretende desenvolver o trabalho, que compreende o município de São Carlos - SP.

Abstract. This paper describes the role of unpaved roads in Brazil, analyzes the potentiality of GIS (Geographic Information System) technology, and discusses the viability of using these systems in a management procedure for unpaved roads in a local level. A study area, where the city of São Carlos is located, selected for an application using the GIS technology for management of unpaved roads, is then described.

1. INTRODUÇÃO

Dentre os meios de transporte, o rodoviário é o que predomina na maioria dos países. Isto faz com que em geral, as malhas rodoviárias sejam bastante extensas, sejam elas pavimentadas ou não.

Se forem analisados todos os investimentos envolvidos e as inúmeras atividades sócio-econômicas que dependem dessas malhas, vê-se que a implantação de programas de conservação e/ou restauração das vias, que visem assegurar sua trafegabilidade ao longo do tempo, é de fundamental importância.

Essa concepção exige uma nova consciência rodoviária e deve se manifestar tanto no âmbito das decisões administrativas, técnicas e financeiras, como na formação de mão-de-obra destinada à conservação das estradas. Nesse contexto é de grande importância a gerência das vias.

Quando se trata de vias pavimentadas, os sistemas de gerenciamento têm servido como ferramenta importante, auxiliando os responsáveis pelas tomadas de decisões a encontrarem estratégias que permitam proporcionar e manter pavimentos em condições satisfatórias, por determinado período de tempo. Os países desenvolvidos, em geral com grande parte de sua

malha viária pavimentada, possuem diversos sistemas dessa natureza.

Já nos países em desenvolvimento, a situação é distinta. De sua rede viária total, as vias não pavimentadas representam elevada proporção. Administrativamente, grande parte dessas vias está subordinada aos municípios, que em geral não dispõem de recursos adequados para conservar as estradas sob sua jurisdição. A administração da manutenção dessas vias geralmente está a cargo de encarregados, que se valem da experiência adquirida ao longo dos anos, para a seleção dos procedimentos e materiais a utilizar. Quando o município dispõe de engenheiro, este, em geral, procura aplicar normas e especificações elaboradas por órgãos rodoviários estaduais e federal, as quais muitas vezes são importadas de outros países, não se adequando, necessariamente, às condições brasileiras. Somando-se a isto, a existência de um grande acervo de conhecimentos decorrentes de práticas locais de manutenção de estradas não pavimentadas é evidente, e no entanto, esses conhecimentos nem sempre são registrados, ou traduzidos em relações quantificáveis de forma adequada (Baptista, 1989).

Os intensos avanços tecnológicos na informática, especialmente após a entrada no mercado dos microcomputadores, têm facilitado em muito o manuseio de grande número de dados. Para dados georeferenciados, esses sistemas são denominados **Sistemas de Informação Geográfica - SIGs**. Eles baseiam-se numa tecnologia de coleta, armazenamento, recuperação, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais, gerando informações correlatas, as quais permitem obter soluções rápidas e precisas, facilitando assim as tomadas de decisões e dando suporte às atividades de gerenciamento, manutenção, operação, análise e planejamento (Rodrigues, 1990; Teixeira et al., 1992).

Atualmente, vem sendo amplamente divulgada a idéia de que os SIGs podem ser uma ferramenta fundamental para a solução de inúmeros problemas, dentre estes os relacionados à Engenharia de Transportes. No entanto, isto não acontece de forma simples e automática, pois para a sua utilização, além de *software* e *hardware* (os quais dependem basicamente de recursos financeiros), faz-se necessária a coleta das informações propriamente ditas, além da formação de recursos humanos.

A idéia deste trabalho é apresentar e discutir a viabilidade de se utilizar o potencial da tecnologia dos SIGs num processo de gerenciamento de vias não pavimentadas, com ênfase para as estradas municipais.

2. CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

Há muito tempo se vem discutindo a necessidade de fixação do homem no campo, evitando-se com isso uma excessiva concentração urbana. Grande parte das atividades rurais está concentrada na produção agropecuária, estando aí o suporte econômico da quase totalidade dos municípios do interior do país (Thomaz, 1984).

Segundo Thomaz (1984) "o primeiro caminho percorrido por toda a massa de produção rural, que alimenta a população brasileira, é o que vai da lavoura à rede coletora...". Com efeito, a produção rural aliada à imensa área territorial, refletem uma extensa malha viária. Dessa, as vias não pavimentadas representam elevada proporção, que resultam numa importância sócio-econômica indiscutível.

Administrativamente, grande parte dessas vias está subordinada aos municípios, como ilustra o quadro 01. Esses, em geral, não possuem recursos financeiros suficientes (ou quando possuem, nem sempre os empregam de forma adequada), descapacitando-se, muitas vezes, de manter um programa permanente de gerenciamento e conservação das vias. Isso torna evidente a necessidade de se desenvolver procedimentos específicos para administração da manutenção das vias não pavimentadas.

Especificamente no município de São Carlos - SP, levantamentos preliminares indicam uma extensão de

ADMINISTRAÇÃO DA MALHA VIÁRIA	PAVIMENTADA		NÃO PAVIMENTADA		EM OBRAS		TOTAL DA MALHA DE CADA JURISDIÇÃO (KM)	% EM RELAÇÃO AO TOTAL DA MALHA DE CADA JURISDIÇÃO
	EXTENSÃO (km) / (*)	%	EXTENSÃO (km) / (*)	%	EXTENSÃO (km) / (*)	%		
BRASIL								
FEDERAL	50507 (75,21%)	35,15	14136 (21,05%)	1,05	2516 (3,74)	22,83	67159	4,46
ESTADUAL	80452 (40,71%)	55,98	108737 (55,02%)	8,06	8443 (4,27%)	76,62	197632	13,14
MUNICIPAL	12742 (1,02%)	8,87	1226447 (98,9%)	90,89	60 (0,01%)	0,55	1239249	82,40
TOTAL	143701 (9,56%)	100	1349321 (89,7%)	100	11019 (0,73%)	100	1504041	100
SÃO PAULO								
FEDERAL	786 (100%)	3,12	-----	---	-----	---	786	0,41
ESTADUAL	17001 (89,31%)	67,48	1997 (10,49%)	1,19	38 (0,20%)	100	19036	9,85
MUNICIPAL	7407 (4,27%)	29,40	166068 (95,73%)	98,81	-----	---	173475	89,74
TOTAL	25193 (13,03%)	100	168065 (86,95%)	100	38 (0,02%)	---	193296	100

FONTE: FIBGE - Anuário Estatístico do Brasil - 1992

(*) Os valores entre parentêses indicam as percentagens em relação ao total da malha de cada jurisdição.

QUADRO 01: Estrutura rodoviária do Brasil e do Estado de São Paulo.

1500 km de estradas rurais não pavimentadas, dos quais aproximadamente 500 km necessitam conservação periódica.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Levando-se em conta que grande parte das vias não pavimentadas está sob a jurisdição dos municípios, a escolha da área de estudo levou em consideração aspectos como: apoio da administração municipal local, distância entre a área a ser pesquisada e o centro de pesquisa (Universidade) e a facilidade de acesso para os trabalhos de campo.

A área escolhida para o estudo foi o município de São Carlos - SP, situado próximo à região central do Estado, e localizado entre os paralelos 21°35'55" e 22°09'42" sul e meridianos 47°42'56" e 48°05'27" oeste. Sua localização é ilustrada na figura 01.

De acordo com dados fornecidos pela Assessoria de Planejamento da Prefeitura Municipal de São Carlos (PMSC), tem-se:

- Área total do município: 1.132,00 km²
- Área urbana: 55,20 km²
- Altitude média: 850 m

São conhecidos também os dados climatológicos da região [Tolentino (1967); Oliveira & Prado (1984); Mattos (1982) apud Aguiar (1989)].

- Clima: entre Aw (clima tropical com verão úmido e inverno seco) e Cwa (clima quente de inverno seco) - pelo sistema KOEPPEN.
- Precipitação pluviométrica: média anual entre 1550 mm e 1700 mm.
- Temperatura média: 18,1°C (mês mais frio); 23,1°C (mês mais quente).

Quanto aos dados demográficos, segundo a Sinopse preliminar do último censo demográfico (FIBGE - 1991) o município possuía uma população total de 158.186 pessoas, divididas em 148.377 pessoas na área urbana e 9.809 pessoas na área rural.

A área rural total do município destinada à produção corresponde a 937 km², e as atividades aí

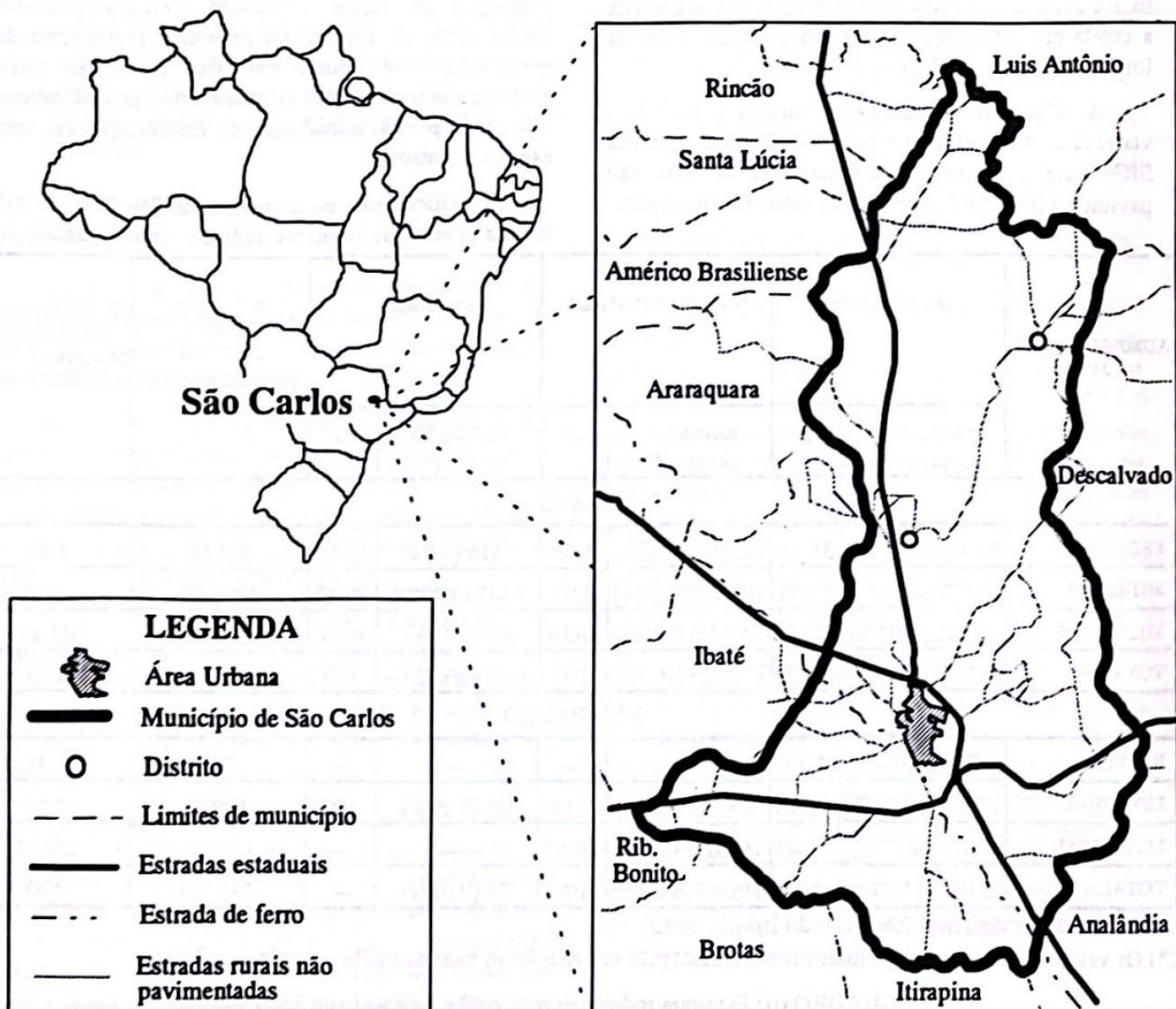


FIGURA 01: Localização do município de São Carlos - SP

desenvolvidas estão divididas em: agroindustriais (como de cana-de-açúcar e citros), avicultura de corte, pecuária (com expressiva produção de leite), lavoura (com destaque à cana-de-açúcar, café, laranja e soja, e em menor escala, feijão, mandioca, milho e tomate), e produção de alimentos básicos e matérias-primas, nas pequenas e médias propriedades rurais. Há também alguma atividade mineradora (extrativa) incluindo portos de areia e pedreiras de arenito e basalto.

Pelas estradas rurais do município são percorridos diariamente em torno de 2000 km para o transporte dos alunos da zona rural para a área urbana.

4. OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Tem sido comum encontrar na bibliografia técnica os termos SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIGs) e GEOPROCESSAMENTO sendo usados basicamente como sinônimos. No entanto, alguns especialistas preferem fazer uma distinção. Segundo Rodrigues (1990) "geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias de coleta e tratamento de informações espaciais, e de desenvolvimento e uso de sistemas que as utilizam". Assim, geoprocessamento seria um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações georeferenciadas, envolvendo atividades como sensoriamento remoto, modelagem digital de terreno, modelagem numérica de terreno, processamento de imagens, dentre várias outras atividades de captura de dados.

Já os SIGs destinam-se à manipulação dessas informações, as quais devem estar conectadas a um banco de dados, com informações na forma de dados referenciados espacialmente e atributos. Assim, pode-se necessitar do geoprocessamento para montar o banco de dados, mas para manipular, organizar e atualizar essas informações é necessária a utilização de um SIG (Rodrigues, 1993; Valdepeña, 1994).

Além da possibilidade de lidar com diversas projeções cartográficas, outra característica básica dos SIGs é a capacidade de tratar as relações espaciais entre objetos geográficos, as quais também são definidas por topologia. Este é o ponto que difere um SIG de um CAD (Câmara, 1994).

A tecnologia dos SIGs não é um mero auxílio à produção cartográfica. É uma tecnologia que oferece ferramental operacional que auxilia e agiliza os procedimentos de planejamento, gerenciamento e de tomadas de decisão, e que por isso vem sendo utilizada de forma cada vez mais promissora nas mais diferentes áreas.

4.1 Os Sistemas de Informação Geográfica e a Engenharia de Transportes

Uma das áreas com grande potencial para se servir da tecnologia dos SIGs é a Engenharia de Transportes, que já começa a utilizar esse ferramental em muitas de suas atividades, especialmente aquelas que envolvem planejamento.

Dentre as várias aplicações em transportes, podemos citar: projeto geométrico de vias, projeto de terraplenagem, monitoramento e controle de tráfego, oferta e demanda de transportes, prevenção de acidentes, otimização de rotas, monitoramento e controle de operações rodoviárias, monitoramento de unidades móveis, dentre outras. Especificamente na infra-estrutura de transportes, os SIGs têm grande aplicabilidade no gerenciamento de pavimentos, gerenciamento da manutenção, inventário de pontes, bueiros, sinalização etc.

As aplicações dos SIGs na Engenharia de Transportes têm sido abordadas por diversos autores como: Wandsnider et al. (1985); Robison (1988); Brenner (1989); Simkowitz (1989); Fletcher & Krueger (1990); Johnson & Goldman (1990); Paredes et al. (1990); Petzold & Freund (1990); Simkowitz (1990); Schwartz et al. (1991); Wang & Wright (1991); Kurt (1992); Denning (1993), com especial enfoque ao gerenciamento de pavimentos.

Ainda que não sendo SIGs, Beimbom et al. (1991) e Utterback et al. (1991) apresentam programas computadorizados para o gerenciamento de pavimentos. No primeiro trabalho é apresentado um programa gráfico que permite identificar as condições do pavimento, trecho a trecho, através da espessura da linha e um código associado a ela. O segundo trabalho apresenta um método computadorizado de análise das condições do pavimento para auxiliar nas estratégias de manutenção ao longo do tempo, descrevendo inclusive os procedimentos de coleta de informações, e as escalas atribuídas a cada nível de condição dos pavimentos.

Se por um lado os SIGs já começam a produzir resultados satisfatórios na gerência da malha viária dos países desenvolvidos, por outro lado a realidade brasileira é bastante diferente. A extensa malha viária não pavimentada associada à sua importância no contexto sócio-econômico do país motivou o início de uma linha de pesquisa na EESC-USP envolvendo o gerenciamento dessas vias com a utilização de um SIG.

4.2 O gerenciamento das estradas não pavimentadas e a utilização de um SIG

No que diz respeito às vias não pavimentadas e o seu gerenciamento, a utilização dos SIGs no desenvolvimento de sistemas de gerenciamento pode

ser muito vantajosa para a implementação desses sistemas nas administrações públicas municipais.

A coleta de dados pode ser uma das etapas de maior duração do trabalho, tendo em vista a complexidade e dificuldade na obtenção das informações necessárias. Essa etapa pode ser influenciada também pela ausência de um procedimento específico para levantamento e cadastramento das características de cada trecho estudado, e pela necessidade de uma organização e adequação prévia das informações antes de informatizá-las.

Assim, a primeira etapa do trabalho é caracterizar os principais defeitos ocorrentes nas estradas rurais da região, estabelecer um procedimento para sua identificação e mensuração, e atribuir níveis de severidade a cada trecho, em função de cada defeito.

De uma forma geral, os defeitos descritos a seguir devem ser considerados, especialmente quando se avaliam as condições de superfície das vias não pavimentadas (Eaton et al. 1987; Walker, 1991):

- *Depressões*: Podem surgir de forma isolada e se caracterizam pelo aparecimento de buracos. São produzidos quando o tráfego provoca a expulsão de partículas sólidas do leito em função da presença de água na estrada.

- *Sulcos*: Também chamados de rodeiros, se caracterizam por uma deformação no sentido da passagem das rodas dos veículos. São produzidos por uma deformação permanente do subleito, em consequência da ação do tráfego.

- *Corruções*: Também chamadas ondulações, são sulcos transversais, que ocorrem em intervalos regulares, no sentido perpendicular à direção do tráfego. São consequência da perda de material do subleito e da ação do tráfego, e ocorrem em geral, em áreas de aceleração e desaceleração, como rampas e curvas.

- *Pó*: Consequência da ação abrasiva do tráfego, é função das condições do tempo e do volume de tráfego. Além de remover as partículas finas da superfície, pode implicar significativamente na segurança da via, e provocar problemas ambientais em áreas povoadas.

- *Segregação de agregados*: Também chamada de perda de agregados, é provocada pela ação abrasiva do tráfego, que produz um acúmulo de partículas no sentido do fluxo, na forma de bermas no centro ou na região entre a passagem das rodas, ou ainda nas laterais da estrada, afetando assim a drenagem da via.

- *Seção transversal inadequada*: Associada com o abaulamento da seção, pode resultar em problemas com a drenagem transversal, provocando a presença de

água na pista, ou escoamentos ao longo da estrada, no sentido longitudinal.

- *Drenagem lateral inadequada*: Associada a problemas com as valetas laterais e/ou bueiros, pode resultar também no acúmulo de água na pista ou escoamento dessa no sentido longitudinal, provocando erosões ou ravinamentos, seja na própria seção da estrada ou em suas laterais.

Para cada um desses defeitos deverá se estabelecer um processo de identificação e mensuração, com atribuição de níveis de severidade. Para cada trecho analisado se deverá ter um fichário, que identificará todos os defeitos encontrados e seus respectivos níveis de severidade.

A próxima etapa é o armazenamento dessas informações no Sistema de Informação Geográfica. Neste trabalho será utilizado um SIG denominado comercialmente por TransCAD(*), que fornece aos usuários amplo acesso a base de dados geográficos e de transporte, com a possibilidade de combinar esses elementos de diferentes maneiras, sendo muito útil em aplicações como: gerenciamento de pavimentos, cadastro, planejamento urbano, análise de acidentes, planejamento operacional de transportes e muitas outras.

As informações obtidas deverão ser armazenadas na forma de "níveis de informações" ou "layers", e cada camada deverá armazenar um tipo de defeito com seus respectivos níveis de severidade. A malha viária estudada poderá ser assim representada graficamente, por exemplo através da espessura das linhas associadas a um valor.

Além disso, deverá ser atribuído um peso a cada tipo de defeito, que permitirá também obter graficamente os trechos em que ocorrem os piores defeitos. A isso espera-se poder associar as causas dessas ocorrências, seja por problemas de drenagem, problemas de geometria da via, características topográficas, geológicas ou dos solos locais, dentre outras. Como os defeitos variam ao longo do ano, deverá se criar um procedimento de atualização das informações armazenadas, o que dará subsídios inclusive, não apenas para a manutenção periódica, mas para uma possível intervenção na via, em nível de drenagem, traçado geométrico, substituição do solo local etc.

Isto permitirá fornecer informações suficientes para se criar um sistema de gerenciamento da manutenção, e se criar estratégias de correção e

(*) TransCAD é um programa criado e comercializado pela Caliper Corporation, 1172 Beacon Street, Newton, MA - 02161, USA

conservação através da priorização de cada trecho, proporcionando uma melhor alocação de recursos e uma maximização do custo-benefício.

5. CONCLUSÕES

A importância que as vias não pavimentadas exercem no contexto nacional é notória, bem como as potencialidades da tecnologia dos SIGs, e a escassez de experiências associando os dois assuntos, mesmo em nível internacional. É de se esperar que com a utilização de um SIG na gerência dessas vias seja possível minimizar a conservação corretiva, por exemplo através da identificação dos pontos mais críticos. Espera-se também a possibilidade de se estabelecer uma rotina de conservação preventiva periódica, menos onerosa, e com desembolso de recursos distribuído ao longo do ano.

A adequação dessa tecnologia às condições e necessidades brasileiras e o repasse desses conhecimentos às administrações públicas municipais, podem fornecer subsídios para que essas mantenham suas vias não pavimentadas em condições de uso durante todo o ano (ou pelo menos em boa parte dele), com um investimento planejado e controlado, trazendo assim muitos benefícios, tanto em nível tecnológico como em nível sócio-econômico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, René L. Mapeamento geotécnico da área de expansão urbana de São Carlos - SP: contribuição ao planejamento. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1989. 2v. (Dissertação - Mestrado).
- BAPTISTA, Milton P. Manutenção de rodovias não pavimentadas, nas regiões tropicais. *DER - Boletim Técnico*, 6:5-12, jul./dez., 1989.
- BEIMBORN, E.; HOLAN C. & NWOKO, F. Use of computer graphics for local road management. In: ANNUAL MEETING OF THE INSTITUTE OF TRANSPORTATION ENGINEERS, Milwaukee, 1991. Compendium of Technical Papers... Washington, DC, ITE, 1993. p. 342-346.
- BRENNER, Brian R. Automating design of Boston's artery. *Civil Engineering*, v. 59, n. 06, p. 58-61, June 1989.
- CÂMARA, Gilberto. Anatomia de um SIG. *Revista FATOR GIS*, n. 04, p. 11-15, 1994.
- DENNING, James. Small-government GIS. *Civil Engineering*, v. 63, n. 03, p. 52-54, June 1993.
- EATON, Robert A. & GERARD, Sidney. Results of unsurfaced-road rating surveys. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, v. 2, n. 1291, p. 113-119, 1991.
- FIBGE. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, v. 52, p. 01-1119, 1992.
- FIBGE. Sinopse preliminar do censo demográfico - 1991- Número 19 - São Paulo. Rio de Janeiro, v. 06, p. 01-235, 1991.
- FLETCHER, D. R. & KRUEGER, M. Pavement management decision support using a Geographic Information System. Final Report, Report Nº FHWA-SA-91-005, prepared for Federal Highway Administration, Demonstration Projects Division, Department of Transportation, Washington, 1990. 76p.
- JOHNSON, Carl R. & GOLDMAN, Mark J. GIS: Easing infrastructure management. *Civil Engineering*, v. 60, n. 06, p. 42-44, June 1990.
- KURT, Carl E. Integration of management systems into Geographical Information Systems. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, n. 1352, p.01-06, 1992.
- PAREDES, M.; FERNANDO, E. & SCULLION, T. Pavement Management Applications of GIS: A Case Study. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, n. 1261, p. 20-26, 1990.
- PETZOLD, Roger G. & FREUND, Deborah M. Potential for Geographic Information Systems in transportation planning and highway infrastructure management. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, n. 1261, p. 01-09, 1990.
- ROBISON, Rita. GIS goes public. *Civil Engineering*, v. 58, n. 06, June 1988.
- RODRIGUES, Marcos. Geoprocessamento: um retrato atual. *Revista FATOR GIS*, n. 02, p. 20-23, 1993.
- RODRIGUES, Marcos. Introdução ao Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1º, São Paulo, 1990. p. 01-26.
- SCHWARTS, Charles W. et alii. GIS applications in airfield pavement management. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, n. 1311, p. 267-276, 1991.

SIMKOWITZ, Howard J. GIS: Technology for transportation. *Civil Engineering*, v. 59, n. 06, p. 72-75, June 1989.

SIMKOWITZ, Howard J. Integrating Geographic Information System technology and transportation models. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, n. 1271, p. 44-47, 1990.

TEIXEIRA, Amândio L. A.; MORETTI, Edmar & CHRISTOFOLETTI, Antônio. *Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica*, Rio Claro, 1992. 55 p.

THOMAZ, Carlos A. Pavimentação de estradas vicinais. São Paulo, Associação Brasileira de Cimento Portland, 1984. 58p. (ET-65).

UTTERBACK, Palmer; GRILLEY, Virginia & HICKS, R. G. Implementation of a pavement management system on forest service low-volume roads. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, v. 1, n. 1291, p. 257-264, 1991.

VALDEPEÑA, Jorge R. SIG na América Latina. *Revista FATOR GIS*, n. 05, p. 08-09, 1994.

WALKER, Donald M. Evaluation and rating of gravel roads. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, v. 2, n. 1291, p. 120-125, 1991.

WANDSNIDER, Luann et alii. Transportation applications of computer mapping in New Mexico. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, n. 1050, p. 24-31, 1985.

WANG, Jin-Yuan & WRIGHT, Jeff R. Integrating GIS and CAD for transportation data base development. *Transportation Research Record*, TRB, National Research Council, Washington, n. 1304, p. 212-218, 1991.