

AValiação DA ACESSIBILIDADE E VERIFICAÇÃO DA REDE VIÁRIA DA Cidade DE MARINGÁ EM UM SIG-T

Cynthya Mara Santos de Medeiros¹

Alessandre Kleber Mise²

Antônio Nelson Rodrigues da Silva³

Escola de Engenharia de São Carlos – USP

Departamento de Transportes

RESUMO

Observa-se atualmente um uso cada vez mais intenso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) em vários campos de atuação, com forte ênfase em atividades de planejamento de transportes. Esta ferramenta vem sendo utilizada, por exemplo, no planejamento e operação de transportes, facilitando a análise de dados em formatos de grandes matrizes e redes viárias das cidades. Através dela pode-se, entre outras coisas, medir a acessibilidade de cada área da cidade, assim como também verificar a consistência das próprias redes de transportes sobre as quais se realiza a análise. Considerando que a acessibilidade é uma boa medida para avaliar o planejamento urbano das cidades, o objetivo desse trabalho é analisar o índice de acessibilidade global da cidade de Maringá-PR e identificar qual o padrão de desenvolvimento urbano em que ela se encontra, através do uso de um SIG para transportes (SIG-T). Neste caso, avaliou-se inicialmente a consistência da rede viária, para posteriormente conduzir a avaliação dos níveis de acessibilidade da cidade.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo das cidades brasileiras frequentemente não é acompanhado de investimentos em infra-estrutura física e operacional ou em sistemas de transporte público situados em patamares de qualidade requeridos para o bom atendimento por aqueles que necessitam se deslocar pela cidade. A falta de transporte público de qualidade estimula a expansão do uso de transporte individual, em situações onde o sistema viário é insuficiente para garantir a circulação com eficiência. São sinais visíveis de uma matriz de transporte desequilibrada:

- Congestionamentos,
- Conflitos entre a circulação de pedestres e veículos,
- Condições precárias de segurança da frota,
- Risco de acidentes,
- Excesso de emissão de ruídos e gases e doenças decorrentes,
- Aumento dos tempos de viagem e do consumo de combustível,
- Deterioração do patrimônio arquitetônico.

O uso intenso do automóvel na circulação urbana causa dispersão e fragmentação excessiva do uso do solo, sobretudo na distribuição de empregos e serviços. Além disso, a imagem de altíssima acessibilidade que ele oferece, exerce uma forte atração sobre os usuários e vai aos poucos transformando os espaços de circulação de pedestres e áreas verdes de convivência em estacionamentos potenciais.

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) vem se tornando cada vez mais freqüente na área de planejamento de transportes e operação de sistemas de transportes. O SIG é utilizado em transportes principalmente para relacionar atributos de pessoas, redes,

edifícios, sistemas e serviços à localização geográfica dos mesmos. Deste modo, convencionou-se designar de SIG-T a adoção e adaptação da ferramenta SIG para objetivos específicos em transportes. Alguns usos da ferramenta SIG em transportes são: planejamento, divisão de áreas de estudo em zonas homogêneas, manutenção de vias urbanas e rodoviárias, roteamento de veículos ou do transporte coletivo, engenharia de tráfego, avaliação de acessibilidade, análise de redes etc.

Considerando que a acessibilidade é uma boa medida para avaliar o planejamento urbano das cidades, o objetivo desse trabalho é analisar o índice de acessibilidade global da cidade de Maringá-PR e identificar qual o padrão de desenvolvimento urbano em que ela se encontra, através do uso de um SIG para transportes (SIG-T). Neste caso, avaliou-se inicialmente a consistência da rede viária, para posteriormente conduzir a avaliação dos níveis de acessibilidade da cidade.

Esse artigo está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. A seção seguinte trata, de forma sucinta, dos conceitos de acessibilidade e SIG. A seção três apresenta o estudo de caso, com aspectos gerais da cidade estudada e o procedimento empregado nos cálculos realizados. A seção seguinte consiste da análise de resultados. As conclusões estão na última seção, seguida da lista de referências.

2. ACESSIBILIDADE E SIG

Acessibilidade é um tema que, apesar de estar sendo discutido desde o século XIX, é ainda hoje um assunto de suma importância para o planejamento urbano, por ser um instrumento que possibilita identificar áreas com desigualdades na oferta de infra-estrutura básica. A década de 70 foi particularmente profícua em trabalhos sobre o tema, como se pode constatar na revisão da literatura encontrada em SILVA (1998).

De forma genérica, pode-se afirmar que a acessibilidade é um indicador da facilidade ou dificuldade para alcançar um determinado lugar. No entanto, o modelo a ser utilizado para cada caso deverá levar em conta o grau de detalhamento necessário à obtenção de índices mais representativos para a realidade local. Um local de alta acessibilidade será mais atrativo do que um local com baixa acessibilidade e, portanto, será mais valorizado. Isso não significa que a acessibilidade seja o único determinante de valor do valor de uma localidade, mas certamente é um dos mais importantes.

A acessibilidade é uma das metas de longo prazo que se tenta atingir com o planejamento de transportes, tendo sido aplicada para uma grande quantidade de problemas (ERLANDER & STUART, 1990). Uma considerável variedade de medidas de acessibilidade tem sido proposta nos últimos 30 anos, tendo sido aplicadas para uma grande quantidade de problemas (ALLEN *et al.*, 1993).

Segundo BRUTON (1979), índices de acessibilidade “medem a facilidade com que uma área, com certas atividades atraentes, pode ser alcançada a partir de uma zona particular e através de um determinado sistema de transportes. A acessibilidade da zona i para a zona j é definida como o produto do número de viagens atraído pela zona j , multiplicado pelo fator de fricção para viagens interzonais. O somatório desses produtos da zona i para todas as outras zonas na área é o índice de acessibilidade para a zona i .”

ALLEN *et al.* (1993) apresentaram também uma nova visão da acessibilidade, aprofundando o trabalho de INGRAM (1971), criando um índice de acessibilidade capaz de indicar a acessibilidade de uma região inteira, permitindo comparações entre regiões, e não apenas entre pontos dentro de uma mesma região. A característica comum entre o índice de Ingram e a medida proposta por ALLEN *et al.* (1993) é que ambos definem a acessibilidade somente como uma medida de esforço para superar a separação espacial entre dois pontos dentro de uma área. Eles tampouco consideram características de demanda-oferta ou aspectos comportamentais em seus modelos. Deste modo, elas são medidas de acessibilidade simples, uma vez que não necessitam muitos dados. Os autores utilizaram, como medidas de fricção, o tempo e a distância. Contudo, qualquer outra característica do sistema de transporte pode vir a ser utilizada, como o custo, por exemplo.

2.1. Índice de Acessibilidade Empregado

Índices de acessibilidade têm sido utilizados há muitos anos em estudos de transportes. Dentro da literatura técnica existem várias formulações para os índices de acessibilidade. As variações existentes em cada método são devidas às necessidades específicas para cada caso.

INGRAM (1971) estabeleceu a distinção entre acessibilidade relativa (medida com que dois pontos estão conectados em uma mesma superfície) e acessibilidade integral (medida de interconexão de um ponto com todos os outros pontos em uma superfície). Como nem a acessibilidade relativa e nem a acessibilidade integral foram capazes de captar o nível de acesso global de uma área e também não permitem comparações entre áreas, ALLEN *et al.* (1993) propuseram uma extensão do trabalho anterior. Seu novo índice “E” é definido como o índice de acessibilidade global de uma área, e é uma dupla integração normalizada da acessibilidade relativa. A particularidade dos indicadores propostos por INGRAM (1971) e por ALLEN *et al.* (1993) é que eles definem acessibilidade somente como uma medida de esforço para superar a separação espacial entre dois pontos dentro de uma área. Isto significa que elas não têm fundamentação comportamental, além de serem operacionalmente simples e com resultados muito fáceis de serem interpretados. A medida de acessibilidade proposta por ALLEN *et al.* (1993), que tem sido citada e incorporada a diversos trabalhos nos últimos anos, pode ser matematicamente expressa pela Equação (1).

$$A_i = \frac{1}{N-1} \sum_j C_{ij} \quad (1)$$

em que: A_i : acessibilidade da zona i [km];
 C_{ij} : custo percebido pelo viajante entre as zonas i e j [km];
 N : número de pontos utilizados no cálculo (nós da rede viária).

O uso desse índice justifica-se pelo fato de seu cálculo ser relativamente fácil, considerando que no Brasil, principalmente nas cidades de médio porte, os dados geralmente não estão disponíveis e o custo para o seu levantamento, tratamento e processamento é alto. A partir desse índice pode-se obter ainda o índice E que permite a comparação de áreas diferentes (Equação 2), ou seja, trata-se de um índice de acessibilidade global, que representa a capacidade de agregar os níveis de acesso de uma determinada área e compará-la com outras.

$$E = \frac{1}{N} \sum_i \frac{1}{N-1} \sum_j C_{ij} \quad (2)$$

em que: E : índice de acessibilidade global [km];
 C_{ij} : custo percebido pelo viajante entre as zonas i e j [km];
 N : número de pontos utilizados no cálculo (nós da rede viária).

2.2. Sistemas de Informações Geográficas e o Cálculo da Acessibilidade

A utilização do SIG vem sendo muito difundida nas administrações públicas, sendo uma ferramenta importante no auxílio à tomada de decisões, tanto para a definição de novas políticas de planejamento quanto para avaliação de decisões tomadas e também para o planejamento ambiental ou urbano. Dentre os recursos disponíveis no SIG para a utilização em planejamento de transportes (SIG-T), está a capacidade de realizar análises espaciais sobre diversos aspectos, tais como: matriz de distâncias entre pontos, matriz de origens e destinos de viagens, caminho mínimo entre pontos, e, ainda aplicar modelos de acessibilidade ao transporte, como proposto nesse trabalho.

O *software* TransCAD (Caliper, 1996) é um dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) projetados especificamente para atender às necessidades dos profissionais de transportes. Possui uma grande variedade de ferramentas utilizadas para armazenar, exibir, editar, administrar e analisar dados de sistemas de transportes, combinando SIG e modelagem de transportes em uma única plataforma integrada. Permite a integração de dados de transportes com dados de imagens *raster*, tais como fotos aéreas, imagens de satélite e mapas escaneados, combinando facilmente a localização geográfica de transportes com os dados relacionais que o descrevem. Os dados podem ser representados através de pontos, linhas ou áreas. Além de possuir poderosas ferramentas para análise de métodos e modelos de transporte, permite ainda a adição de programas e rotinas de análise próprios, aumentando assim seu potencial analítico, através de sua linguagem de programação.

3. ESTUDO DE CASO

A avaliação do índice global de acessibilidade ao sistema de transporte apresentada neste artigo foi conduzida na cidade de Maringá, situada geograficamente no Noroeste do Paraná, a 430 km da capital, a cidade de Curitiba. É limitada ao norte por Ângulo e Mandaguaçu, ao sul por Floresta, Ivatuba e Marialva, a oeste por Mandaguaçu e Paiçandu, e a nordeste por Iguaçu e Astorga. O município situa-se em zona de altitude compreendida entre as cotas 500 e 600 metros em relação ao nível do mar. É cortado pelo Trópico de Capricórnio, tendo latitude de 23° 25' S e longitude de 51° 57' W (Figura 1). O município tinha, segundo contagem populacional do IBGE de 1996, 260.955 habitantes, e área de 489,8 km² e densidade demográfica de 589 hab/km².

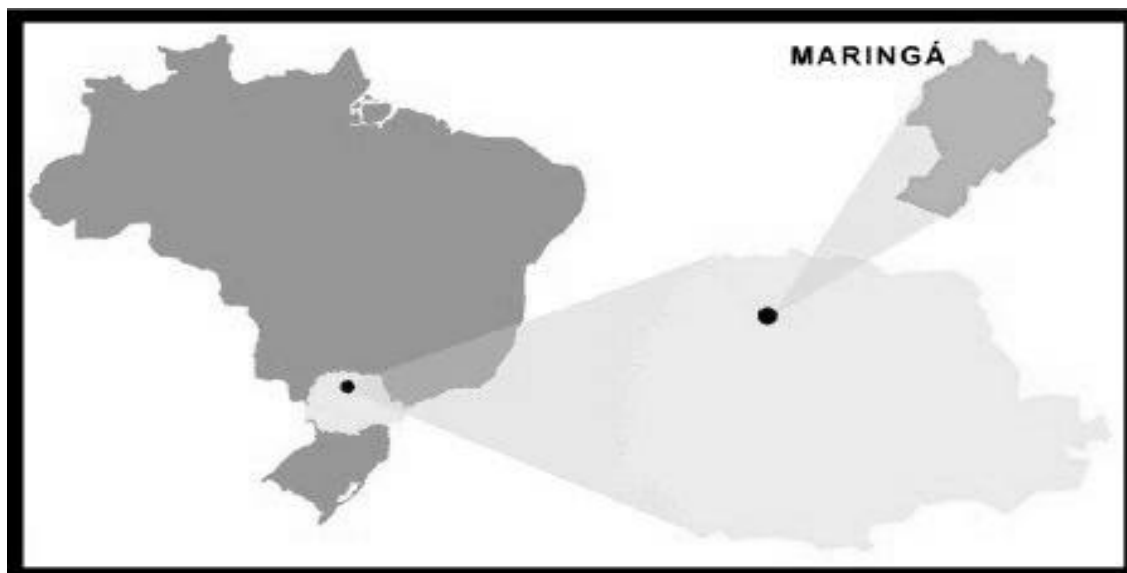


Figura 1: Localização geográfica de Maringá-PR (fonte: www.maringa.com)

O material básico para essa análise foi o mapa digitalizado dos eixos viários das ruas do município de Maringá, resultando em 7268 nós na malha viária (Figura 2). Como se pode notar pelos espaços em branco da Figura 2, a cidade possui amplos bosques naturais para preservação ambiental e lazer e a maioria de suas ruas e praças arborizadas, garantindo uma área verde de cerca de 25 metros quadrados por habitante. A Revista Veja (19/05/99), comparando cinco cidades previamente selecionadas como as melhores do interior brasileiro, concluiu que "Maringá teve o melhor desempenho, reunindo pujança e qualidade de vida". Em relação aos transportes, Maringá pertence ao Anel de Integração Rodoviário, um sistema de rodovias privadas que interliga os principais centros regionais do Estado aos grandes centros nacionais. As rodovias apresentam excelentes condições de tráfego e estão inseridas em um programa de ampliação de extensão de pistas duplas. As ruas e avenidas da cidade são largas, de fácil acesso e com sinalização vertical e horizontal e semáforos de ciclo visual sincronizados.

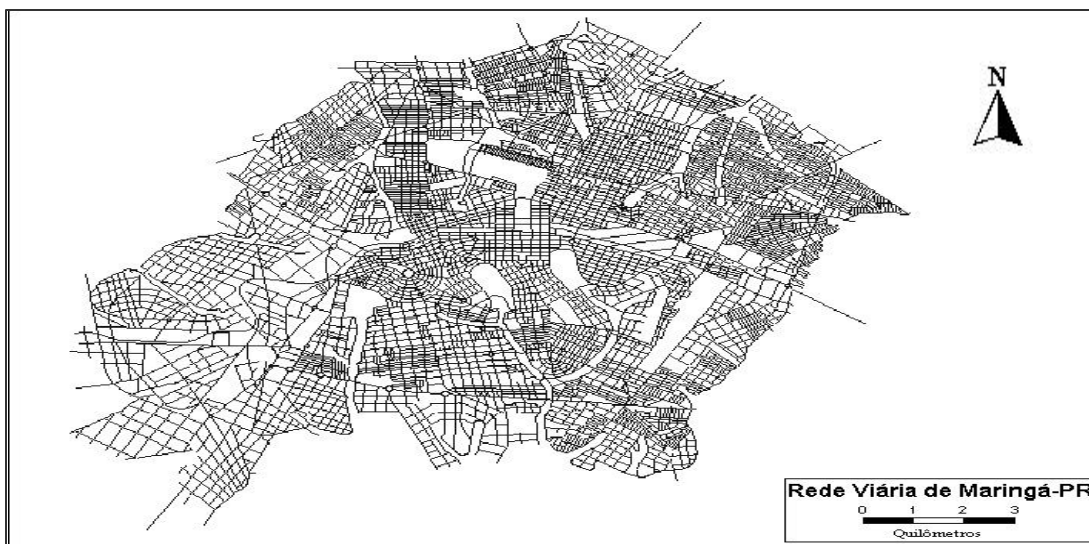


Figura 2: Rede Viária de Maringá-PR

3.1. Procedimentos de Cálculo

O cálculo do índice de acessibilidade foi realizado pelo *software* TransCAD, para todas os nós da rede da cidade estudada. O custo na Equação (1) é o menor caminho entre pares de nós de toda a rede. O cálculo dos menores caminhos foi executado pelas ferramentas disponíveis no programa e os resultados foram armazenados em arquivos do tipo matriz. O procedimento seguido está descrito em detalhes em RAIA JR & SILVA (1998).

O índice global de acessibilidade E foi calculado e comparado com o índice E de uma cidade hipotética de tamanho similar (ambos com o mesmo número de nós), com forma circular, tomada como referência devido ao seu alto grau de compactação. As ruas nesta cidade hipotética formam uma grade regular com aproximadamente o padrão encontrado em uma cidade real, definida pelo tamanho das quadras. Teoricamente, o índice de acessibilidade global tem valor baixo. Isso significa que quanto mais o índice de uma cidade real se aproximar do índice E da cidade hipotética, melhor é a configuração da sua rede viária urbana. O índice global de acessibilidade para uma cidade perfeitamente regular, de forma circular, pode ser calculado pela Equação (3), segundo SILVA *et al* (1999):

$$E = 0,0727 N^{0,4994} \quad (3)$$

em que: E : índice de acessibilidade global [km];
 N : número de pontos utilizados no cálculo (nós da rede viária).

4. ANÁLISE DE DADOS

A rede viária real de Maringá apresenta 7268 nós. A acessibilidade calculada através do SIG para os nós da rede está representada pelos mapas temáticos das Figuras 3 e 4. Como a medida de acessibilidade de ALLEN *et al.* (1993) considera o menor caminho entre os pontos, os nós com os menores valores absolutos estão, na maioria das vezes, na parte central da cidade. Já os nós com maiores valores absolutos, geralmente localizados nas periferias das

idades, têm níveis de acessibilidade menores. Este é o padrão observado nas Figuras 3 e 4: as maiores acessibilidades estão nos nós localizados na parte central da cidade e vão diminuindo à medida que se aproximam da periferia.

É importante, no entanto, que se verifique as distorções nos valores de acessibilidade que podem surgir nos mapas temáticos, ou seja, encontrar acessibilidade alta na periferia (como a apontada pela seta na Figura 3). A verificação pode ser feita pela ferramenta de *zoom*, a partir da barra de ferramentas do TransCAD, situação em que se pode detectar que alguns nós estão isolados do restante da rede, o que produz baixos valores de acessibilidade em locais não previstos. Constatando-se inconsistências na rede, estas podem ser corrigidas, como aqui demonstrado. Feitas as correções na rede, ou seja, conectados os nós que estavam isolados, repetiu-se os procedimentos de verificação (refazendo-se o arquivo de rede) e um novo mapa de acessibilidade foi construído (Figura 4).

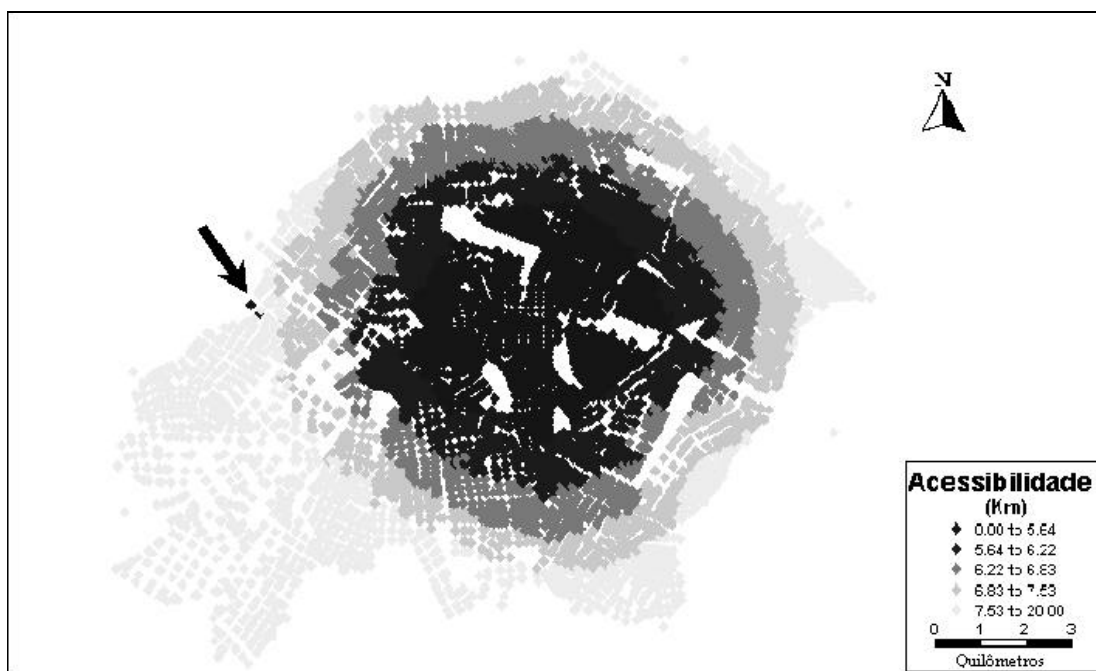


Figura 3: Mapa de acessibilidade da rede construída com falhas de conexão de nós

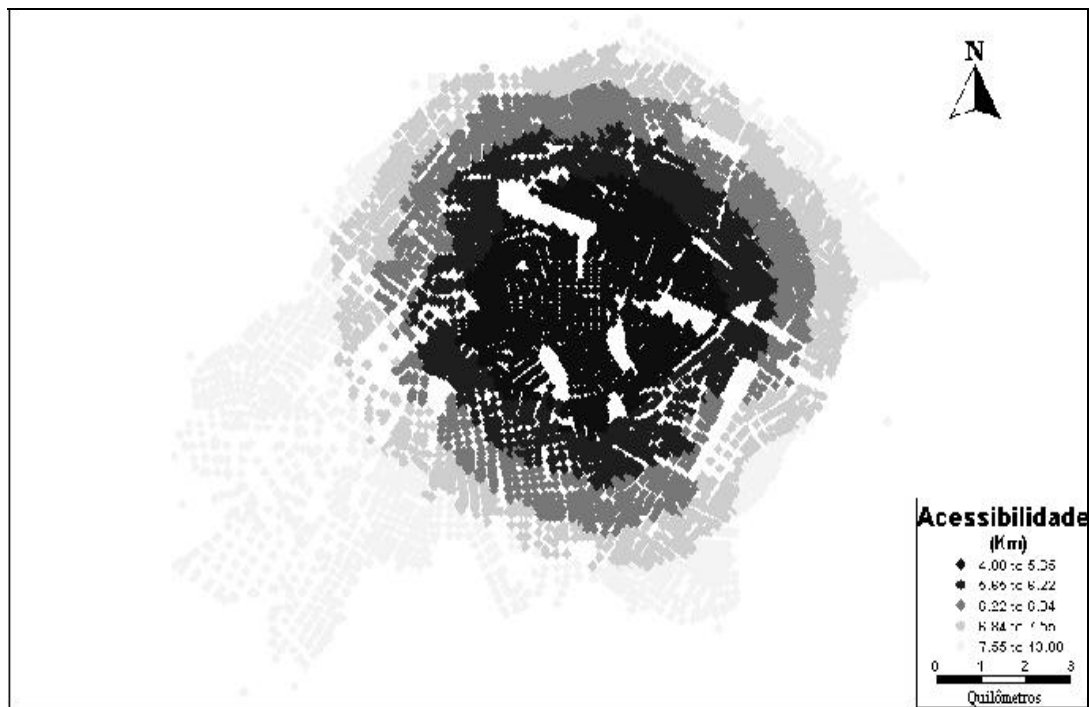


Figura 4: Mapa de acessibilidade da rede perfeitamente construída

De posse da rede perfeitamente construída, foi calculado o índice de acessibilidade global dessa rede, que teve um valor igual a 6,7080 km. O índice de acessibilidade global da cidade hipotética, de forma circular, e calculado pela Equação (3), apresentou o valor de 6,1648 km. Analisando esses valores, o E de Maringá está próximo do E da cidade de forma circular, o que sugere que Maringá apresenta um bom nível de acessibilidade global, ou seja, trata-se de uma cidade compacta.

5. CONCLUSÃO

A utilização de Sistemas de Informações Geográficas vem aumentando muito nos últimos anos, em várias áreas, inclusive na engenharia de transportes. Isto ocorre não somente nos países mais avançados, mas também nos países em desenvolvimento, como o Brasil. Esta ferramenta é utilizada com grande rapidez e facilidade através de programas de SIG, tendo baixo custo de processamento no manuseio de grande quantidade de dados, permitindo ainda uma visualização de fácil entendimento.

O objetivo desse trabalho em avaliar a acessibilidade da rede viária de Maringá-PR foi perfeitamente atingido. As inconsistências encontradas na rede viária foram corrigidas para posterior cálculo da medida de acessibilidade global da cidade. A comparação desse valor com a da acessibilidade global de uma cidade de forma circular mostrou que o índice de acessibilidade de Maringá está próximo do valor do índice da cidade circular e indica que a cidade é compacta e bem planejada.

Esse índice pode servir como parâmetro para futuras modificações ou ampliações na rede viária de Maringá, como por exemplo, ao se criar novos loteamentos, verificar qual a influência que estes teriam sobre a acessibilidade global da cidade, visando diminuir o impacto sobre a sociedade em geral. Como recomendação para trabalhos futuros, seria

portanto interessante a comparação do índice de acessibilidade global da cidade de Maringá com o índice de outras cidades com características semelhantes, de modo a identificar o nível de desenvolvimento em que ela se encontra, criando-se, assim, padrões de referência para melhor planejamento urbano, ampliando o que foi feito por LIMA *et al.* (2003).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, W. B.; LIU, D; SINGER, S. (1993) "Accessibility Measures of U.S. Metropolitan Areas". In: *Transportation Research*, v. 27B, n. 6, p. 439-449.
- BRUTON, M. J. (1979) "Introdução ao Planejamento dos Transportes". Trad. João Bosco F. Arruda. São Paulo. Interciência/ EDUSP.
- CALIPER (1996) "TransCAD Transportation GIS Software. User's Guide". Version 3.0 for Windows. Caliper Corporation, Newton, EUA.
- ERLANDER, S.; STUART, N. F. (1990) "The Gravity Model in Transportation Analysis: Theory and Extensions". VSP, The Netherlands.
- GOTO, M. (2001) "Uma Análise de Acessibilidade sob a Ótica de Equidade – O Caso da Região Metropolitana de Belém, Brasil". *Dissertação (Mestrado)*. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos – USP.
- INGRAM, D. R. (1971) "The Concept of Accessibility: A Search for an Operation Form". In: *Regional Studies*, v. 5, p. 101-107.
- LIMA, R. S. (1998) "Evolução Urbana e acessibilidade – O Caso das Cidades Médias Brasileiras". *Dissertação (Mestrado)*. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos – USP.
- LIMA, R. S.; SILVA, A. N. R.; WAERDEN, P. VAN DER (2003) "Espalhamento Urbano: Mito ou Realidade no Brasil? O Caso das Cidades Médias". *ANTP*, n. 98, p. 31-45. São Paulo.
- RAIA JÚNIOR, A.A.; SILVA, A.N.R. (1998) "Um Método Expedito para Verificação da Consistência de Redes para Uso em um SIG-T". *Anais do 12th Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Fortaleza, Brazil, November 23-27, v.2, p. 10-17.
- Revista Veja (19/05/1999). Editora Abril, p. 128.
- SILVA, A. N. R. (1998) "Sistema de Informações Geográficas para o Planejamento de Transportes". *Tese (livre-docência)*. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- SILVA, A. N. R.; LIMA, R. S.; WAERDEN, P. VAN DER (1999) "The Evaluation of Urban Network Patterns with a Global Accessibility Index in a GIS Environment". In: *Proceedings of the 6th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*. Em CD-ROM. Veneza, Instituto Universitário di Architettura di Venezia.

Avaliação da acessibilidade e verificação da rede viária da cidade de Maringá em um SIG-T

¹Cynthya Mara Santos de Medeiros

Departamento de Transportes – Escola de Engenharia de São Carlos – USP

Av. Trabalhador São-carlense, 400 – Fone (16) 273-9613

13566-590 SÃO CARLOS – SP – BRASIL

e-mail: cyndys@sc.usp.br

²Alessandre Kleber Mise

Departamento de Transportes – Escola de Engenharia de São Carlos – USP

Av. Trabalhador São-carlense, 400 – Fone (16) 273-9613

13566-590 SÃO CARLOS – SP – BRASIL

e-mail: mise@sc.usp.br

³Antônio Nelson Rodrigues da Silva

Departamento de Transportes – Escola de Engenharia de São Carlos – USP

Av. Trabalhador São-carlense, 400 – Fone (16) 273-9595

13566-590 SÃO CARLOS – SP – BRASIL

e-mail: anelson@sc.usp.br