

Uso de SIG na Determinação da Acessibilidade a Serviços de Saúde em Áreas Urbanas

Prof. Dr. Ismael Ulysséa Neto ¹

Marcelo Corrêa Rosado ²

Prof. Dr. Massimo Craglia ³

UFSC - Departamento de Engenharia Civil
88.040-900 - Florianópolis - SC

¹ ✉ ecv1iun@ecv.ufsc.br

Doutorando em Engenharia Civil - UFSC

² ✉ ecv3mro@ecv.ufsc.br

Department of Town and Regional Planning
University of Sheffield - Inglaterra

³ ✉ gisdata@sheffield.ac.uk

Conteúdo	
	1 Introdução
	2 Índices de Acessibilidade
	3 A Técnica de Vinculação ou Acooplamento
	4 Aplicação Prática
	5 Conclusões
	6 Referências Bibliográficas

Resumo: A necessidade de monitorar a expansão de uma cidade revela-se óbvia na medida em que muitos dos problemas urbanos decorrem dos desequilíbrios entre o ritmo de expansão da estrutura urbana e a velocidade de expansão do sistema de atividades, incluindo-se aí os serviços públicos. Neste contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm-se revelado, cada vez mais, como importantes instrumentos de planejamento urbano.

Neste trabalho, aborda-se a utilização de SIG no monitoramento da oferta de serviços de saúde em uma área urbana. Considerando a possibilidade que os SIG oferecem de mapear a distribuição espacial da população (demanda) e a localização dos pontos de oferta deste importante tipo de serviço, os autores apresentam um método de determinação das áreas mais carentes deste serviço, mediante o cálculo de índices de acessibilidade.

Um procedimento de loose-coupling foi engendrado com o fito de operacionalizar a criação de um novo atributo e identificação das áreas mais desprovidas de serviços de saúde.

Após o relato de uma aplicação prática deste procedimento a uma área de estudos, conclui-se que o mesmo é teoricamente consistente e operacional, podendo ser efetivamente utilizado no planejamento e monitoramento da expansão da estrutura física e do sistema de atividades de uma cidade.

Palavras chave: Sistemas de Informações Geográficas, Acessibilidade, Gestão Territorial Urbana

Abstract: The need for a control on urban expansion is clear since many of the problems which stem from this process are due to the imbalance between the growth rates of the physical structure and the activity system.

This paper tackles the use of GIS in monitoring the health services supply in an urban area, by exploring its capability for mapping the spatial distribution of population (demand) and the health care facilities (supply) in order to identify the most deprived areas with regard to health care. Accessibility indices, which take into account the attractivenesses of the health care facilities together with their "distances" to the "consumers", are then determined outside the GIS and brought back into it afterwards as new attributes (loose-coupling).

After reporting on an application of this procedure to a study area, it is shown that it is theoretically sound and operational and that it can be effectively applied for monitoring urban expansion.

Keywords: Geographical Information Systems, Accessibility, Urban Territorial Management.

1 Introdução

A necessidade de monitorar a expansão de uma cidade revela-se óbvia na medida em que muitos dos problemas urbanos decorrem dos desequilíbrios entre o ritmo de expansão da estrutura urbana e a velocidade de expansão do sistema de atividades, incluindo-se aí os serviços públicos. Relativamente à oferta de serviços de saúde em áreas urbanas, uma informação de importância capital é a distribuição espacial da população e de suas características sócio-econômicas (demanda). A partir destas informações, o poder público pode estruturar sua rede de hospitais e postos de saúde tanto em relação aos tamanhos destes equipamentos quanto às suas localizações (oferta), para o atendimento da população.

O 'tamanho' dos postos de atendimento médico deve ser medido através de uma variável que reflita suas atratividades em relação aos potenciais 'pacientes'. Assim, é comum a adoção do número de pessoas atendidas num certo período de tempo como variável proxy para o tamanho dos postos. Além disto, suas localizações vão determinar as distâncias (físicas ou temporais) entre estes e as populações a serem atendidas, constituindo-se, portanto, em fatores de incentivo ou de impedância de escolha por estas últimas.

Neste contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm-se revelado, cada vez mais, como importantes instrumentos de

planejamento urbano, uma vez que possibilitam a realização de análises espaciais com vistas à determinação de áreas de influência de pontos de oferta de serviços públicos, além de permitirem a pronta identificação e visualização das áreas urbanas mais desprovidas destes serviços. O conceito de acessibilidade às atividades urbanas e sua determinação através de índices que levam em conta a distribuição espacial destas atividades, bem como suas atratividades, pode ser utilizado para este fim.

2 Índices de Acessibilidade

Tem-se percebido ao longo dos anos 90, a retomada de estudos visando a utilização do índice de acessibilidade como instrumento de apoio à tomada de decisão no planejamento urbano.

Por ser um índice de fácil determinação e que se operacionaliza com poucos recursos financeiros na coleta dos dados necessários ao modelamento do ambiente urbano, o índice de acessibilidade tem sido utilizado nas mais diversas áreas do planejamento urbano. Exemplos do uso de medidas de acessibilidade podem ser encontrados em Sanches (1996a) na avaliação da qualidade de vida nas cidades, em Sanches (1996b) na análise do desempenho dos sistemas de transporte, em Linneker e Spence (1992) na análise do impacto de implantação do anel viário nos arredores de Londres, em Sales Filho (1997) na avaliação da estrutura da rede de transporte urbano e em Arruda (1997) na verificação do impacto de projetos de transportes na acessibilidade de trabalhadores às principais zonas de emprego urbano.

Para Tagore e Sikdar (1995) *apud* Raia Júnior et al. (1997), o índice de acessibilidade deve possuir como componentes integrantes : a localização e características da população residente, a distribuição geográfica e intensidade das atividades e as características do sistema de transporte. Relativamente à medida destes componentes, Rosado e Ulysséa Neto (1999) afirmam que "*considerando que a acessibilidade 'revela' um potencial de interação entre dois pontos (quadras, zonas ou setores), e que a operacionalização de sua medida é feita mediante a construção de índices, necessariamente temos que explicitar as relações entre as variáveis que são utilizadas com suas respectivas unidades de medição*".

Para fins de planejamento, todavia, temos que extrair informações que possam nortear a análise espacial do sistema de atividades e do sistema de transportes que permite o 'consumo' daquelas pela população. Isto requer cuidado na análise dos índices de acessibilidade determinados, procurando-se sempre identificar as unidades de medida e os efeitos de escala nas suas medições.

Considerando que as unidades de medida da distância (se em metros ou em quilômetros) não permitem uma comparação entre índices de acessibilidade absolutos, deve-se determinar também valores relativos de acessibilidade. Estes últimos podem ser 'padronizados', por exemplo, em relação à variação total verificada nos índices absolutos, i.e., entre seus valores máximos e mínimos, possibilitando, assim, comparações entre níveis diversos de acessibilidade.

Um índice relativo de acessibilidade de uma unidade espacial de análise qualquer (uma quadra, por exemplo) 'i' a um serviço 's' poderia ser dado por :

onde :

$$Ar_i^s = \frac{A_i^s - A_i^{s\min}}{A_i^{s\max} - A_i^{s\min}} \quad \text{eq. 2.1}$$

Ar_i^s : índice de acessibilidade relativo de 'i' ao serviço tipo 's' ;

A_i^s : índice de acessibilidade absoluto de 'i' ao serviço tipo 's' ;

$A_i^{s\min}$: índice de acessibilidade absoluto mínimo ao serviço do tipo 's' ;

$A_i^{s\max}$: índice de acessibilidade absoluto máximo ao serviço do tipo 's'.

Num estudo da acessibilidade da população a serviços de saúde, onde as quadras fossem consideradas como os objetos de estudo, o número de atendimentos nos postos de saúde poderiam ser usados como fatores de atratividade, e uma função de impedância do tipo potência inversa poderia ser utilizada para considerar os efeitos da distância entre as quadras e os postos.

Assim o índice de acessibilidade absoluta a se utilizado seria :

$$A_i^s = \sum_j N_{at_j^s} e^{-\beta \ln C_{ij}} = \sum_j N_{at_j^s} \cdot C_{ij}^{-\beta} \quad \text{eq. 2.2}$$

onde:

A_i^s : acessibilidade de 'i' às atividades que dispõem do tipo de serviço 's';

$N_{at_j^s}$: atratividade do tipo 's' em 'j' (número de atendimentos no PS em 'j');

C_{ij} : distância em metros entre 'i' e 'j';

β : parâmetro de impedância ($\beta = 1,0$).

Pode-se observar no modelo proposto que a acessibilidade é uma função inversa do custo generalizado

(impedância) onde para cada acréscimo da distância entre a origem e o destino, o índice de acessibilidade diminui seu valor.

A utilização de medidas de acessibilidade ao serviço de saúde pode ser observada em Oppong e Hodgson (1994), onde a acessibilidade geográfica aos equipamentos do sistema de saúde é determinada utilizando-se o modelamento localização-alocação a partir de dois caminhos, proximidade e cobertura. Segundo estes, *"quando definido em termos de proximidade, acessibilidade tem uma conotação de minimização de distâncias e pode ser medida usando a distância média de viagem. Pesquisas anteriores têm encontrado na distância a melhor determinante de uso de instalações (Stock, 1982) apud Oppong e Hodgson (1994). Se uma instalação de saúde está dentro de uma distância de cobertura especificada para uma pessoa, ela é considerada acessível à pessoa e a pessoa é dita coberta. A medida de acessibilidade neste contexto é a proporção de pessoas cobertas"*.

Também em Costa (1998) e Costa e Almeida (1998) a distância em linha reta é adotada para determinar a acessibilidade dos pacientes (a partir das residências) aos serviços de saúde (local do atendimento).

Ainda como exemplo de estudos sobre oferta de serviços de saúde, Martin e Williams (1992) usam áreas (buffers) em torno dos centros de primeiros socorros a fim de avaliar o "mercado" de usuários (total de população) e a conseqüente acessibilidade aos serviços médicos mais próximos.

3 A Técnica de Vinculação ou Acoplamento

No contexto de utilização de ferramental para auxílio no processo de tomada de decisão do planejador urbano, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's) têm-se apresentado como importante ferramenta, pois, com o crescente processo de expansão das cidades torna-se cada vez mais necessário que o tomador de decisão possua completo controle das informações espaciais do ambiente urbano de modo a garantir grande agilidade e precisão na visualização dos problemas deste ambiente.

A utilização do SIG tomou grande impulso ao longo desta última década. Porém, um fator determinante na utilização dos mesmos é a sua capacidade de uso e manipulação dos bancos de dados já existentes nas administrações públicas ou mesmo privadas.

A intensidade com que o SIG é capaz de interagir com outros softwares pode ser classificada de quatro modos principais, segundo Nyerges (1993) apud Wegener (1998):

a) Aplicações Isoladas (Isolated Applications)

Nestas aplicações o SIG e o programa de análise espacial 'rodam' em diferentes ambientes de hardware. A transferência dos dados entre os possíveis modelos de dados é feita após a transformação destes em arquivos do tipo ASCII e o usuário é a interface entre os programas. O gasto com programação adicional é baixo, porém a eficiência do acoplamento é limitada;

b) Vinculação Fraca (Loose Coupling)

O acoplamento é realizado por meio de arquivos em ASCII ou binário. O usuário é responsável pela formatação dos arquivos para o formato das especificações do SIG/GIS. Este tipo de acoplamento é realizado diretamente no computador do usuário, ou em um computador da rede local. Relativamente com pequena programação extra, a eficiência é maior do que na aplicação anterior;

c) Vinculação com Integração Parcial (Tight Coupling)

Neste caso os modelos de dados podem ainda ser diferentes mas a troca automática de dados entre o SIG e o modelo de análise espacial é possível através de uma interface padronizada, sem a intervenção do usuário. Embora isto incremente a eficiência da troca de dados, exige um maior esforço de programação (por exemplo, programação de macro-linguagem) e o usuário permanece responsável pela integridade dos dados;

d) Integração Completa (Full Integration)

Este acoplamento opera como se o sistema fosse homogêneo sob o ponto de vista do usuário. A troca de dados está baseada em um modelo de dados e sistema gerenciador da base de dados comum. A interação entre a análise espacial e o SIG é muito eficiente. O esforço inicial para o desenvolvimento é grande, mas pode ser justificado pela facilidade com que os modelos matemáticos podem ser adicionados mais tarde.

Com a intenção de explorar o máximo de recursos do ambiente SIG, dados que dizem respeito ao tema saúde foram inseridos, numa aplicação prática (descrita na seção seguinte), num banco de dados (Microsoft Access) buscando potencializar a utilização da interface do SIG com outros softwares.

O banco de dados construído para o tema saúde contém tabelas que informam o endereço completo e o nome dos postos de saúde (PS), assim como, o tipo de atendimento realizado e o número de procedimentos em cada PS.

Através dos processos de geocodificação e conexão, os dados gerados no banco de dados do Microsoft Access foram introduzidos no SIG e geraram, a partir dos respectivos endereços geocodificados, o tema saúde para a área urbana do município de Araranguá (SC).

4 Aplicação Prática

Uma aplicação prática de SIG na análise da provisão de serviços públicos de saúde em uma área urbana de 21 Km² pode ser encontrada em Rosado (2000). A escolha da área de estudo deveu-se principalmente à disponibilização do material cartográfico em meio digital, pela municipalidade de Araranguá, município este localizado no extremo-sul do Estado de Santa Catarina.



Figura 1 : Localização geográfica do município de Araranguá.

O material cartográfico em meio digital é produto obtido a partir da restituição digital em escala de 1:2000 de fotografias aéreas obtidas a partir de voo realizado sobre o município de Araranguá no ano de 1998 em uma escala aproximada de voo de 1:8000.

A restituição digital possui como denominação dos arquivos a extensão .DWG, o que permite que os arquivos gerados pela restituição possam ser tratados em um ambiente computacional CAD (Computer Aided Design) na realização de pós-edição daqueles arquivos que não se encontram preparados para serem manipulados no ambiente de SIG.

Além da utilização de dados gráficos em meio digital para o tratamento da análise espacial dos serviços públicos de saúde, também é necessária a presença dos atributos que darão as características qualitativas e quantitativas pertinentes aos dados que reproduzem graficamente o ambiente urbano da área de estudo.

Os dados relativos ao uso do solo utilizados neste estudo, dizem respeito a atividade anteriormente mencionada e foram obtidos, em sua maioria, através de visitas pessoais aos órgãos fontes dos dados.

Relativamente aos dados censitários de população, a agência do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, de Araranguá, disponibilizou os dados referentes ao recenseamento populacional dos setores censitários do ano de 1981 e os dados resultantes do recenseamento populacional, ocorrido no ano de 1996, para cada unidade espacial de análise (quadras).

Junto a Secretaria Municipal de Saúde, foram coletados dados que permitissem a identificação locacional no espaço urbano das unidades de postos de saúde, assim como, dos atributos componentes da atratividade destas atividades (número de procedimentos médicos entre agosto/98 e fevereiro/99). Estes atributos foram utilizados como variáveis explicativas, juntamente com a variável da separação espacial, na determinação de índices de acessibilidade das unidades espaciais de análise.

Para que os dados tabulares (atributos) pudessem ser lidos pelo programa computacional utilizado como sistema gerenciador das informações gráficas espacialmente referenciadas, optou-se pela construção de uma base alfanumérica de dados mediante a composição de uma parte residente em um sistema gerenciador de banco de dados (Microsoft Access) e uma outra parte vinculada ao SIG a partir de arquivos do tipo texto (.txt).

O software utilizado como SIG possui ferramentas que possibilitam ao usuário a troca de informações entre plataformas de diferentes linguagens de programação, o que convencionou-se chamar na literatura referente aos sistemas gerenciadores de informações geoprocessadas, de acoplamento ou vinculação (*loose coupling*), conforme visto anteriormente.

De posse dos dados gráficos e tabulares, passou-se à fase de geração de mapas temáticos que pudessem ser utilizados na análise espacial final ou que permitissem chegar até a análise das atividades disponíveis no ambiente da área de estudo.

A distribuição espacial da população e dos postos de saúde no perímetro urbano do município de Araranguá pode ser observado através dos mapas 4.1 e 4.2 respectivamente.

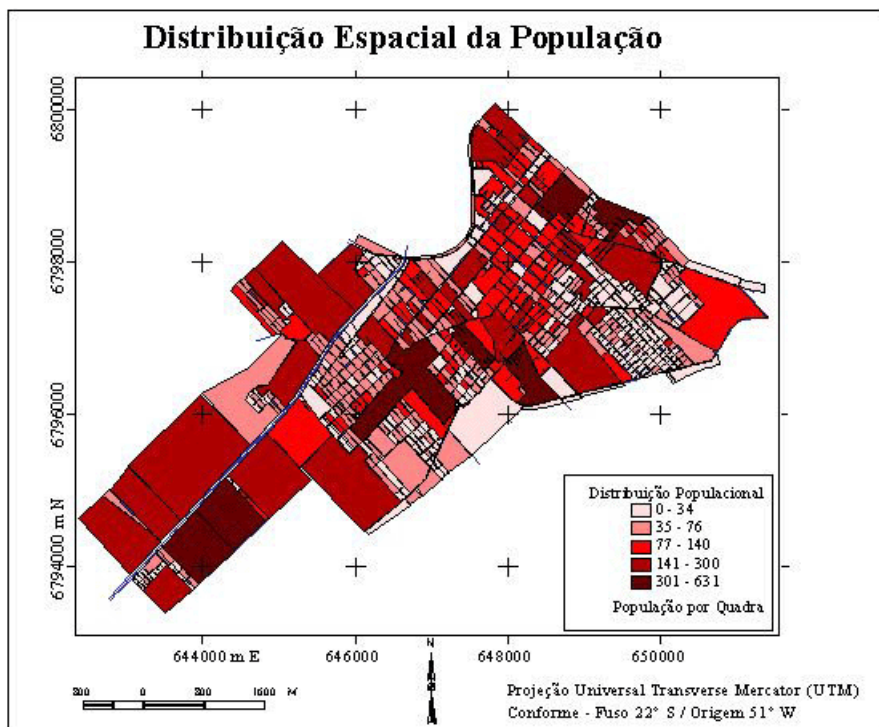


Figura 2 :Mapa da distribuição populacional.

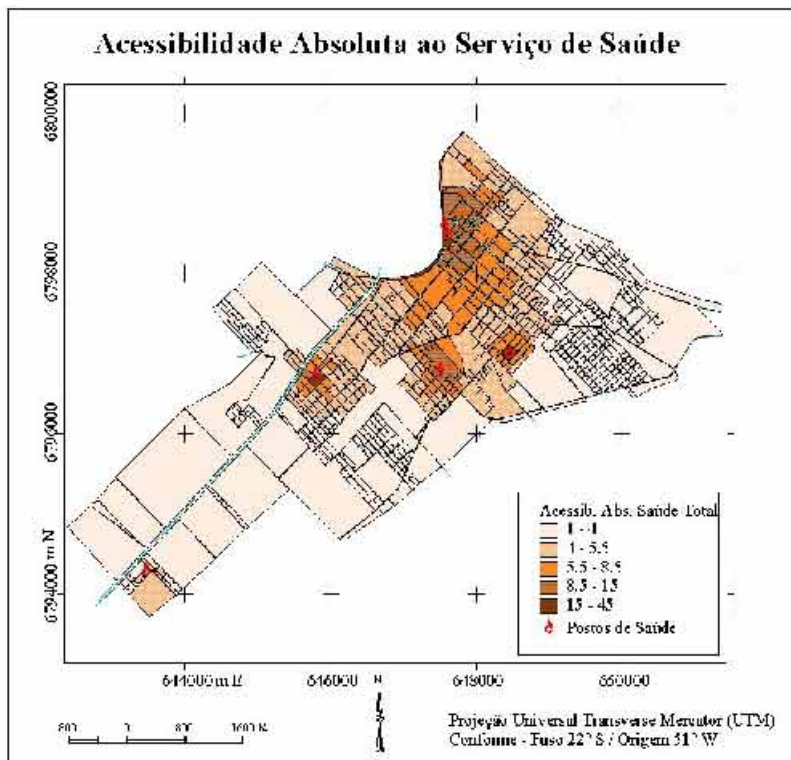


Figura 3 :Mapa da localização dos Posto de Saúde.

Com a utilização do índice de acessibilidade relativo (ou padronizado), pôde-se identificar a unidade espacial com maior carência de serviços de saúde. Para tal, foi feita a utilização da ferramenta de consulta (*query*) do SIG utilizado. Assim, buscou-se determinar as quadras que apresentassem baixos índices de acessibilidade e, ao mesmo tempo, um número expressivo de habitantes. Como parâmetros de comparação entre quadras, buscou-se determinar quais dentre estas unidades espaciais as que apresentassem um número de habitantes superior a 400 e cujo índice de acessibilidade relativa fosse inferior a 1% (um por cento) do maior índice de acessibilidade relativa determinado para a área de estudo como um todo. Verificou-se que dentre as UEA's apenas uma satisfaz os parâmetros acima definidos. O SIG identificou esta UEA, e evidenciou-a no mapa, em relação às demais, com a cor amarela (vide o mapa 4-3 abaixo).

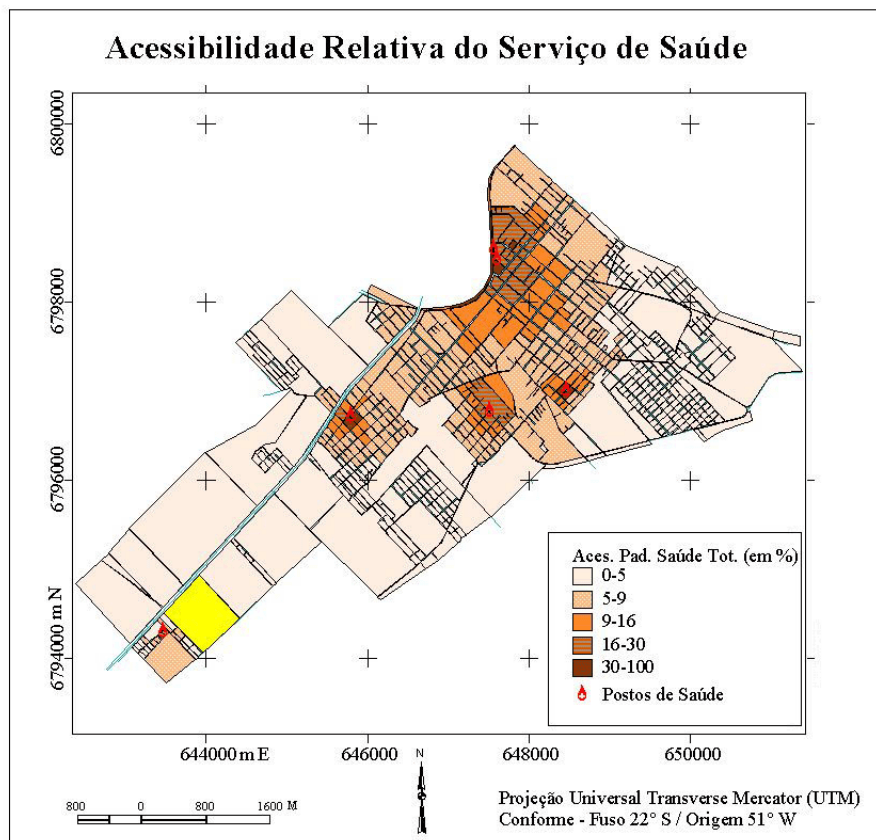


Figura 4 :Mapa de identificação da UEA mais desprovida de serviços de saúde.

Neste estudo sobre provisão de serviços de saúde vis-à-vis a distribuição populacional, pôde-se verificar que tanto a separação espacial entre postos de saúde e população, quanto a atratividade dos postos estão influenciando decisivamente na determinação do índice de acessibilidade relativo das UEA's.

A veracidade da afirmação anterior pode ser comprovada verificando-se que o posto de saúde mais próximo desta quadra apresenta, em sua atratividade, um número muito baixo de procedimentos médicos relativamente ao total de procedimentos para igual período na área de estudo (886 contra um total de 9394 procedimentos, ou seja, contribuindo apenas com 9,43% do total). Um pequeno número de procedimentos médicos no posto mais próximo, aliado ao fato de que as distâncias desta quadra aos demais postos apresentam valores altos, resultou num baixo índice de acessibilidade aos serviços de saúde para a quadra em questão. A interpretação desta constatação, em termos práticos, levaria o planejador urbano a recomendar prioridade à ampliação da capacidade de atendimento do posto de saúde em questão, antes de quaisquer outros investimentos na ampliação do número de postos.

5 Conclusões

A utilização de SIG, acima descrita, para realizar a análise espacial de uma área urbana, relativamente à demanda e oferta de serviços de saúde, nos leva a concluir que é plenamente factível o uso combinado de variáveis geo-referenciadas criadas externamente ao SIG (acessibilidade), com outras nele embutidas (população), através de um processo denominado de vinculação fraca (*loose-coupling*).

Além disto mostrou-se que o uso do procedimento padrão de consulta (*query*) dos SIG podem ser convenientemente usados para identificar as unidades espaciais de análise (quadras) mais desprovidas de serviços de saúde em uma área urbana. Os procedimentos adotados revelaram-se teoricamente consistentes e operacionais, não deixando dúvidas quanto ao grande potencial que os mesmos encerram quanto ao seu uso no planejamento urbano.

6 Referências Bibliográficas

Arruda, J. B. F. *Determinação do impacto de projetos de transportes na acessibilidade do trabalhador às principais zonas de emprego urbano.* In: XI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. ANPET 17 a 21 de Novembro de 1997. Rio de Janeiro - RJ. Anais, Rio de Janeiro – RJ, Vol2, 1997. p. 975 – 984.

- Costa, L. S. da.** *Medidas de acessibilidade a serviços de saúde em unidades do município do Rio de Janeiro.* Relatório de COB 705. Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE – Programa de Engenharia Biomédica. Rio de Janeiro – RJ. 1998. 28 p.
- Costa, L. S. da e Almeida, R. M. V.** *Acessibilidade a hospitais gerais públicos e procedimentos selecionados no município do Rio de Janeiro, RJ.* Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE – Programa de Engenharia Biomédica. Rio de Janeiro – RJ. 1998.
- Linneker, B. J. e Spence, N. A.** *Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London orbital motorway on Britain.* In: *Environment and planning A*, Vol. 24, 1992. p. 1137 – 1154.
- Martin, D. e Williams, H. C. W. L.** *Market-area analysis and accessibility to primary health-care centres.* In: *Environment and planning A*. Vol. 24, 1992. p. 1009 – 1019.
- Oppong, J. R. e Hodgson, M. J.** *Spatial accessibility to health care facilities in Suhum district, Ghana.* In: *Professional Geographer, Association of American Geographers, Published by Blackwell Publishers, Oxford – UK*, vol.46, n. 2, 1994. p. 199 – 209.
- Raia Junior, A. A., Silva, A. N. R. e Brondino, N. C. M.** *Comparação entre medidas de acessibilidade para aplicação em cidades brasileiras de médio porte.* In: XI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. ANPET..
- Rosado, M. C.** *Um Método de Avaliação da Acessibilidade a Serviços Públicos com o Uso de SIG – Aplicação à cidade de Araranguá – SC.* Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil – UFSC. Florianópolis, abril/2000.
- Rosado, M. C. e Ulysséa Neto, I.** *Determinação de índices de acessibilidade a serviços de educação utilizando Sistema de Informação Geográfica.* In: XIII Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, 08 a 11 de Novembro de 1999, São Carlos – SP. Anais, São Carlos – SP, Vol.1, 1999. p. 29 – 39.
- Sales Filho, L. de H.** *Indicadores de acessibilidade: alguns aprimoramentos analíticos e seu uso na avaliação de redes estruturais de transporte urbano.* In: XI Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. ANPET. 17 a 21 de Novembro de 1997. Rio de Janeiro – RJ. Anais. Rio de Janeiro – RJ, Vol. 2, 1997. p. 985 – 996.
- Sanches, S. da P.** *Acessibilidade : Um indicador da qualidade de vida nas cidades.* In : IX Congresso Panamericano de Engenharia de Trânsito e Transportes. Ciudad de La Habana, Cuba. 1996a. 13 p.
- Sanches, S. da P.** *Acessibilidade: um indicador do desempenho dos sistemas de transporte nas cidades.* In: X Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes. ANPET. 18 a 22 de Novembro de 1996. Brasília – DF. Anais. Brasília – DF, Vol. 1. 1996b. p. 199 – 208.
- Stock, R.** *Distance and utilization of health facilities in rural Nigeria.* *Social Science and Medicine*, vol. 17. 1982. p. 563 –570.
- Wegener, M.** *Spatial models and GIS.* In: *Research: Trans-Atlantic Perspectives*, cap. 10. Taylor and Francis, London – UK. p. 115 a 127