



## **METODOLOGIA PARA TRAÇADO DE ITINERÁRIOS DE LINHAS TRONCO-ALIMENTADORAS PARA O TRANSPORTE PÚBLICO DE PASSAGEIROS**

**Richele Cabral Gonçalves**

**Carlos David Nassi**

**Ronaldo Balassiano**

Programa de Engenharia de Transportes  
COPPE/UFRJ

### **RESUMO**

Esta dissertação de mestrado em andamento tem como objetivo identificar o traçado de itinerários de linhas de ônibus tronco-alimentadoras em um sistema de integração intramodal no transporte público urbano de passageiros, através da utilização de um *software* SIG - T (Sistema de Informação Geográfica para transportes). Para tal, o software específico a ser utilizado será o Transcad através de sua linguagem de programação Gisdk (*Geographic Information System Developer's Kit*), que deverá ser usada para a construção de um modelo com rotinas automatizadas. Para validação do modelo utilizar-se-á uma matriz de Origem/Destino (O/D) de viagens realizadas pelos usuários de ônibus da cidade de Londrina no Paraná.

### **ABSTRACT**

This MSc. dissertation has as main objective, the identification of the plan of bus routes of trunk-feeder bus lines in a intramodal integration system for passengers urban public transportation, utilizing a software SIG - T (System of Geographical Information for transportation). The specific software to be used will be Transcad in its programming language Gisdk (Geographic Information System Developer's Kit), that should be used for the construction of a model with automated routines. The model validation will be based on a origin destination (O/D) matrix of trips for bus users of the city of Londrina in Paraná.

### **1. INTRODUÇÃO**

As áreas urbanas da maioria das cidades enfrentam problemas diários gerados pelo conflito causado na circulação de veículos na malha viária. As características dos deslocamentos de seus habitantes associado ao crescimento acelerado da frota de veículos particulares são alguns fatores que contribuem para esse cenário. Como consequência desse quadro, o serviço de transportes públicos opera, em geral, com baixa qualidade, influenciando ainda o comportamento da demanda. A ANTP (1999) e a CNT (2002) consideram o aumento do desemprego, do número de viagens a pé, o crescimento do uso do transporte individual e o surgimento do transporte informal como sendo importantes fatores que influenciaram e agravaram a queda da demanda e da qualidade dos serviços prestados, refletindo diretamente sobre a qualidade de vida da população e sobre os custos urbanos e ambientais. A pesquisa que está sendo desenvolvida para a dissertação de mestrado em andamento, consiste em utilizar uma ferramenta que vem se destacando ao longo dos anos, o SIG – T (Sistema de Informação Geográfica aplicado na área de transportes) na tentativa de subsidiar a elaboração de propostas visando a melhoria da qualidade do sistema de transportes públicos.

De acordo com Rocha (1997, apud Guedes, 2001) SIG “compreende um conjunto de softwares, hardware, dados e pessoal, perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, armazenamento, recuperação, tratamento e análise de dados geo-referenciados, auxiliando a tomada de decisão e dando suporte às atividades de planejamento, projeto, gerenciamento, manutenção e operação”. A evolução e crescente utilização dos SIG's segundo Gallimore *et al.* (1992, apud Dantas *et al.*, 1996), é decorrente do aperfeiçoamento dos recursos computacionais disponíveis, que permitiram o desenvolvimento de tecnologias capazes de gerenciar grande quantidade de informações de forma rápida, a custos relativamente baixos e eliminando as limitações associadas aos sistemas de grande porte



(mainframe). O software específico a ser utilizado na pesquisa será o Transcad através de sua linguagem de programação Gisdk (*Geographic Information System Developer's Kit*), que deverá ser usada para a construção de um modelo com rotinas automatizadas. A metodologia a ser utilizada baseia-se em um trabalho desenvolvido por Souza (1993) que propôs a junção de um algoritmo clássico de roteamento com um método multicritério no auxílio à tomada de decisão.

## 2. OBJETIVO

Através do uso de uma ferramenta SIG, a pesquisa visa determinar as melhores rotas para implantação de linhas tronco-alimentadoras dentro de um sistema integrado de transporte por ônibus. Tais linhas serão traçadas buscando alcançar um equilíbrio de interesses entre operadores e usuários do transporte coletivo com destaque para:

- minimização da quilometragem total percorrida pelos veículos e conseqüentemente diminuição dos custos de operação;
- minimização do tempo total gasto pelos usuários para se deslocarem. Neste contexto vale ainda ressaltar que dentro de um sistema integrado a rota selecionada pode contemplar ou não transbordos ao longo da viagem.

Pretende-se então através do modelo desenvolvido, obter o traçado de itinerários de linhas de ônibus tronco-alimentadoras em um sistema de integração intramodal no transporte público urbano de passageiros. Para validação do modelo utilizar-se-á uma matriz de Origem/Destino (O/D) de viagens realizadas pelos usuários de ônibus entre as zonas de tráfego de uma cidade. A cidade escolhida para estudo de caso foi Londrina no Paraná, por ser um centro urbano de médio porte (NTU, 1999), com cerca de 447 mil habitantes (IBGE, 2000), possuir um sistema integrado de transportes e ter realizado uma pesquisa O/D recentemente.

## 3. JUSTIFICATIVA

Conforme mencionado anteriormente, cada vez mais percebe-se o crescimento da necessidade das pessoas se deslocarem entre diferentes pontos das áreas urbanas. Um aspecto relevante a ser considerado recai no fato do usuário do transporte coletivo ter se tornado mais exigente e com desejos de deslocamento cada vez mais diversificados. Cervero (1998) enfatiza a constante busca no aumento da eficiência dos sistemas de transporte público através de uma oferta de serviços mais equitativa e adequada às necessidades dos diferentes perfis de demanda.

A ANTP (1999) destaca ainda que um problema encontrado pelo usuário devido ao crescimento desordenado das cidades, é a necessidade de realização de transferências para duas ou três conduções, o que significa desconforto, insegurança e aumento do custo da viagem. No entanto, a multiplicidade de interesses desses usuários pode vir a inviabilizar o equilíbrio econômico da operação dos serviços, dependendo da forma de remuneração dos mesmos (EBTU, 1988). De forma a minimizar seus gastos com o transporte coletivo, o usuário reivindica sempre junto ao Poder Público a criação de novas linhas interligando os seus locais de interesse. De forma inversa para o operador, um itinerário sinuoso pode vir a acarretar maiores custos operacionais e conseqüentemente maiores tarifas para toda a população. Com a redução da velocidade operacional, que está associada à distância total de percurso, aumenta-se o tempo de ciclo e conseqüentemente a frota necessária para operação. Sendo assim, inúmeras resoluções técnicas são tomadas a partir das pressões da



comunidade e de empresas operadoras, sem maiores critérios de racionalidade, como demonstra Silveira (1999).

Surge então, como alternativa de melhoria deste quadro, a alternativa de implantação de serviços integrados. Objetiva-se com essa estratégia, a racionalização da operação dos serviços de transportes públicos, aumentando assim a acessibilidade dos usuários ao sistema de transporte e ao seu destino.

#### 4. METODOLOGIA PROPOSTA

A metodologia a ser utilizada baseia-se em um trabalho desenvolvido por Kikuchi *et al.* (1991, apud Souza, 1993) que propuseram a junção do algoritmo de Clarke-Wright com o método multicritério no auxílio a tomada de decisão, o TOPSIS (Technique Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Esta alternativa possibilita analisar problemas de roteamento com múltiplos objetivos (atributos). Souza (1993) propôs um algoritmo que contribuísse à solução do problema de roteamento considerando os objetivos conflitantes dos usuários e operadores, utilizando a metodologia estudada pelos autores supracitados. Seu algoritmo foi aplicado para o caso de ônibus fretado. Sendo assim, optou-se por adaptar o algoritmo utilizado por Souza (1993) para a obtenção de um algoritmo que fosse capaz de refletir a realidade das rotas criadas para o transporte coletivo por ônibus.

O algoritmo de Clarke e Wright (1964, apud Souza, 1993) baseia-se na heurística das economias e na construção iterativa das rotas. Na primeira etapa listam-se todos os pares de nós possíveis do problema. Conforme a metodologia proposta por Stamm Junior (2002) as viagens da pesquisa O/D não serão todas alocadas no centróide das zonas. As que possuem o nome do logradouro serão alocadas no ponto médio da via dentro de cada zona, e posteriormente alocadas em um ponto de ônibus mais próximo, porém as que não possuem tais nomes serão alocadas no centróide da zona. Sendo assim, os pontos de ônibus e o centróide da zona serão os nós a serem utilizados. Para cada par de nós, calcula-se a economia de colocar os nós  $i$  e  $j$  na mesma rota. Considera-se então, que todos os nós são atendidos individualmente partindo-se do local de origem. Ou seja, na 1ª etapa o número de rotas é o número de nós de demanda.

Após a listagem das economias passa-se a utilizar o método multicritério TOPSIS que é uma técnica que permite a ordenação de alternativas através da utilização do conceito de similaridade à solução ideal (Rodrigues, 1998). Vale ressaltar que o objetivo final da tese será obter o traçado dos itinerários considerando interesses conflitantes entre usuários e empresários, que aqui serão representados pelo tempo de viagem e distância máxima na rota. Sendo assim, precisa-se obter uma matriz de escolha normalizada, pois assim trabalharemos com valores adimensionais para a avaliação do desempenho das alternativas em cada critério. O método TOPSIS foi escolhido por permitir tal normalização. Como terceira e última fase, retorna-se ao algoritmo de Clarke-Wright sobre estas alternativas ordenadas a fim de se obter as rotas da solução do problema deste trabalho, gerando então o algoritmo de solução.

Como resultado final teremos os itinerários das linhas de ônibus de toda a cidade, assim como informações operacionais das mesmas, como: quantidade de linhas (rotas), tempo de viagem, distância percorrida, total de passageiros transportados, número de passageiros no trecho mais carregado, índice de renovação, frequência da linha, intervalo (headway) e frota por linha e total. Todas as informações serão fornecidas tanto no trajeto de ida como no de volta.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa de dissertação encontra-se em etapa final da modelagem matemática. As rotinas automatizadas estão em desenvolvimento, juntamente com a aplicação do estudo de caso. Acredita-se que o processo final esteja em fase de acabamento.

Pretende-se então, desenvolver um trabalho com aplicações práticas, capaz de refletir a realidade brasileira e auxiliar no processo de Planejamento de Transportes e de tomada de decisão. Acredita-se ainda ser este um possível caminho para contribuir para a elaboração de previsões mais realistas, para um planejamento mais eficiente e para a melhoria da qualidade de vida das cidades brasileiras.

Espera-se que o presente trabalho possa motivar outros pesquisadores, no sentido de aprimorar o modelo desenvolvido para posterior utilização em outras cidades brasileiras. A dissertação poderá contribuir na identificação de possíveis soluções para conflitos existentes entre usuários e empresários, onde normalmente os usuários têm maior dificuldade de garantir adequado atendimento às suas necessidades de deslocamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTP (1999) *A integração do transporte público urbano, um procedimento eficiente de organização operacional, está sob suspeita?* Revista dos Transportes Públicos, ano 21, 3º trim., nº 84 pp.77-86, São Paulo.
- Cervero, R. (1998) *The Transit Metropolis*, Island Press
- CNT (2002) *O Caminho para o transporte no Brasil* – Confederação Nacional do Transporte.
- Dantas, A.S.; Taco, P.W.G.; Yamashita, Y. (1996) *Sistemas de Informação Geográfica em transportes: o estudo do estado da arte*. Anais do X Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Brasília, vol. 1, p. 209–222.
- EBTU (1988) *Gerência do Sistema de Transporte Público de Passageiros – STPP*, Módulos de treinamento, Planejamento da Operação – Vol. VI – Programação da Operação. Empresa Brasileira dos transportes urbanos – São Paulo.
- Guedes, E.P. (2001) *Uma metodologia integrada de simulação em um sistema de informações geográficas: aplicação no setor de carga aérea no Brasil*. Tese de Doutorado - PET/COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro.
- IBGE (2000) – [www.ibge.com.br](http://www.ibge.com.br).
- NTU (1999) *Integração nos Transportes Públicos – Uma análise dos sistemas implantados* – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, Brasília.
- Rodrigues, F.A.H. (1998) *Metodologia multicriterial dinâmica de auxílio à tomada de decisão em transportes*. Tese de Doutorado – PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- Silveira, L.S.C. e Yamashita, Y.(1999) *Sistema de Informação Geográfica para determinação de rotas de ônibus*. Anais do XIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, São Carlos - SP, vol. 3, p. 139-142.
- Souza, A.T.P. (1993) *Uma contribuição à solução do problema de roteamento considerando os objetivos conflitantes dos usuários e operadores (Sistema de ônibus fretado)*. Tese de Mestrado – PET/COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro.
- Stamm Junior, M.C. (2002) *Contribuição metodológica para alocação de viagens urbanas utilizando pares de origem-destino com base nas unidades de logradouro dentro de um contexto de Sistema de Informações Geográficas*. Tese de Doutorado – PET/COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro.

Programa de Engenharia de Transportes – COPPE - UFRJ  
Centro de Tecnologia – Bloco H, sala 106 – Cidade Universitária  
Caixa Postal 68512 - CEP: 21945-970 - Rio de Janeiro – RJ  
e-mail: [richele@pet.coppe.ufrj.br](mailto:richele@pet.coppe.ufrj.br)  
nassi [@pet.coppe.ufrj.br](mailto:@pet.coppe.ufrj.br)  
ronaldo [@pet.coppe.ufrj.br](mailto:@pet.coppe.ufrj.br)