



**“EU, A INDÚSTRIA E O MUNDO”**  
08 a 11 de novembro de 2016 no campus Viçosa da UFV  
Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica – DEP  
Universidade Federal de Viçosa – UFV

Vol. 03 N. 01 (2017) 019–021

doi:<https://doi.org/10.18540/2446941603012017019>  
OPEN ACCESS

## **PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE NOVAS LINHAS DE ÔNIBUS EM TERMOS DE ACESSIBILIDADE A HOSPITAIS AUXILIADO POR SISTEMA GIS**

**Gustavo Patrocínio Molino**

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica  
Ph. Rolfs s/n – 36570-000 – Viçosa – MG  
gustavo.pmolino@gmail.com

### **1. INTRODUÇÃO**

Mesmo com o passar dos anos e com o desenvolvimento tecnológico, as áreas urbanas ainda sofrem com os problemas vistos no início dos anos 2000, como o acentuado crescimento populacional e, por consequência, os congestionamentos de automóveis (Schrank, 2015). Um dos diversos impactos sentidos pela população de uma cidade e que é causado pelos congestionamentos urbanos é o acesso a serviços de saúde. Nesse cenário, o transporte é considerado uma das principais barreiras ao um rápido atendimento médico (Syed *et al.* 2005).

Como outros grandes centros, a cidade de Chicago, E.U.A, enfrenta problemas quanto ao seu sistema público de transporte. Neste sentido, buscando aumentar a eficiência de seu sistema, diversos projetos surgem, como por exemplo, a extensão da rota 11, a criação do “*Loop link*” e a criação linha Ashland BRT (Chicago transit authority, 2016). O Ashland BRT, consiste em uma linha de ônibus que percorreria a Avenida Ashland, cruzando a cidade de norte a sul e conectaria importantes localidades como o distrito médico de Illinois, a universidade de Illinois em Chicago, a escola Malcom X e o United Center.

No entanto, outra questão surge, qual será o impacto desses projetos, em termos de acesso a serviços de saúde. Dessa forma o presente estudo busca estimar o impacto da criação da linha Ashland BRT na malha de transporte público da cidade de Chicago, E.U.A, em termos de acessibilidade a hospitais.

### **2. METODOLOGIA**

A metodologia utilizada nesse trabalho consiste em oito etapas, descritas a seguir:

1. Levantamento de dados;
2. Construção da malha virtual referente à atual malha de transporte público utilizando software GIS;
3. Obtenção da matriz origem-destino do cenário atual;
4. Estimativa do tempo de deslocamento necessário atualmente;
5. Construção da malha virtual referente à malha de transporte público proposta utilizando software GIS;
6. Obtenção da matriz origem-destino do cenário proposto;
7. Estimativa do tempo de deslocamento necessário no cenário proposto;
8. Comparação dos cenários.

Para a realização do estudo foi necessário obter o mapa dos pontos de concentração populacional (800 pontos), o mapa dos logradouros, o mapa dos hospitais (37 hospitais) e a

capacidade de atendimento dos mesmos, o feed GTFS (especificação geral de feeds de transporte público) da cidade de Chicago e o projeto detalhado da linha em estudo.

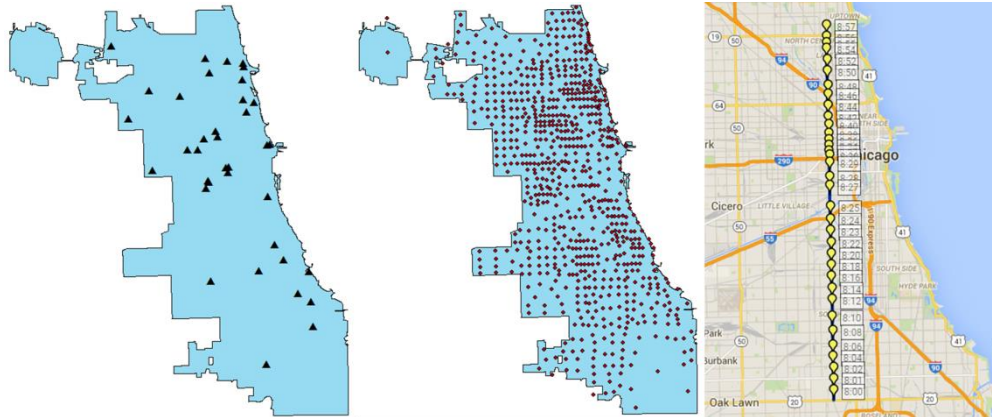


Figura 1 – Localização dos hospitais (à esquerda; triângulos), pontos de concentração populacional (centro; quadrados) e linha Ashland BRT (à direita; linha azul conectada por círculos amarelos).

Após a obtenção dos dados, os mesmos foram inseridos no software ArcGIS, utilizando as caixas de ferramentas *network analyst toolbox* e “Add GTFS to a Network Dataset”, disponível no website “Yay, transit!”, visando obter a matriz origem-destino.

A terceira etapa tem como objetivo atribuir grupos populacionais aos hospitais. Para tal, o modelo de matemático descrito abaixo foi elaborado combinando o clássico problema do transporte e o modelo de Huff (Huff,1964). Após a elaboração, o modelo foi implementado no software AMPL. Os tempos de deslocamento ( $t$ ) são fornecidos pela matriz origem-destino.

$$\text{Maximizar } \sum_{i=1}^{PCP} \sum_{j=1}^H \left( \left( \frac{c_j}{t_{i,j}} \right) \times (X_{i,j}) \right) / \left( \sum_{k=1}^H \frac{c_k}{t_{i,k}} \right) \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^H X_{i,j} = p_i, \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{PCP} X_{i,j} \leq c_j, \quad \forall j \quad (3)$$

Sendo as variáveis de decisão e os parâmetros utilizados no modelo os seguintes:

- $PCP$ : o número de pontos de concentração populacional;
- $p_i$ : população do ponto de concentração populacional  $i$ ;
- $H$ : o número de hospitais;
- $c_j$ : a capacidade do hospital  $j$ ;
- $c_k$ : a capacidade do hospital  $k$ ;
- $t_{i,j}$ : tempo de deslocamento entre o ponto de concentração populacional  $i$  e o hospital  $j$ ;
- $t_{i,k}$ : tempo de deslocamento entre o ponto de concentração populacional  $i$  e o hospital  $k$ ;
- $X_{i,j}$ : variável de decisão que representa o número de pessoas do ponto de concentração populacional  $i$  que é atendida pelo o hospital  $j$ ;

Para a compreensão da função objetivo, Eq. (1), o conceito de atratividade deve ser definido. A atratividade de ponto de concentração populacional  $i$  por um hospital  $j$  é definida como a razão entre a capacidade do hospital  $j$  e o tempo de deslocamento entre o ponto de concentração populacional  $i$  e o hospital  $j$ . Em outras palavras, a atratividade é diretamente proporcional à capacidade do hospital e inversamente proporcional ao tempo de deslocamento.

Dessa forma, através da função descrita, o modelo visa alocar os pontos de concentração populacional aos hospitais de maior atratividade.

Nesse modelo duas restrições são exigidas. A primeira, Eq. (2), garante que toda a população de uma concentração populacional seja atendida por um ou mais hospitais. A segunda, Eq. (3) garante que nenhum hospital ultrapasse sua capacidade.

Ao fim desta etapa, a partir do resultado do modelo e dos dados da matriz origem-destino, o tempo de deslocamento que cada pessoa necessita atualmente para chegar ao hospital é obtido.

Na etapa cinco, uma nova malha virtual é construída. Entretanto, neste caso a linha proposta foi incorporado no *feed* GTFS.

Em sequência, as etapas seis e sete são realizadas de forma análoga as etapas três e quarto, respectivamente.

Com os resultados obtidos nas etapas quatro e sete, os cenários foram comparados através de uma análise quantitativa.

### **3. RESULTADOS**

Com a adição da linha Ashland BRT, 1.104.510 pessoas foram afetadas, 41% da população considerada. Desse total, 79% tiveram seu tempo de deslocamento reduzido, sendo 38,8673 minutos a maior redução identificada e 33,4082 minutos o maior acréscimo. No geral, o tempo médio de acesso ao hospital que cada grupo populacional foi alocado reduziu 1,428 minutos, de 31,605 minutos para 30,177 minutos.

### **4. DISCURSÃO**

Podemos verificar que a adição de novas linhas também geraram impactos negativo, em termos de acessibilidade a hospitais. Esse impacto negativo é consequência da capacidade física dos hospitais. Com a adição da nova linha, os parâmetros de atratividade sofrem alterações, forçando certos grupos populacionais para hospital mais distante, visto que os mais próximos já estarão em lotação máxima.

### **5. CONCLUSÃO**

Podemos concluir que o projeto Ashland BRT, possui um impacto positivo para a cidade de Chicago, E.U.A. No entanto, esse estudo isoladamente não é suficiente para dizer que esse projeto em questão é melhor, em termos de impacto, que outros potenciais projetos. Com o intuito de realizar uma classificação dos projetos é recomendado que todos sejam submetidos a esse procedimento.

### **6. AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao professor Hemanshu Kaul, pela orientação nesse trabalho. Ao estudante Ulisses Américo Carvalho Oliveira, pela sua fundamental contribuição nesse trabalho, e também aos estudantes Iago Carrara Roque e João Paulo Gusmão Teixeira pela assistência prestada na redação desse resumo.

### **REFERÊNCIAS**

CHICAGO TRANSIT AUTHORITY, 2016. "*Improvement Projects*". Acesso em: 24 out. 2016.

Disponível em: <[http://www.transitchicago.com/news\\_initiatives/projects/default.aspx](http://www.transitchicago.com/news_initiatives/projects/default.aspx)>

SCHRANK, D., EISELE, B., LOMAX, T., BAK, J. "*Urban mobility scorecard*". The Texas A&M Transportation Institute and INRIX. Texas. Ago. 2015

SYED, S. T., GERBER, B. S., & SHARP, L. K. "*Traveling towards disease: transportation barriers to health care access*". Journal of community health (2005). v. 38, n. 5, p. 976-993, out. 2013

HUFF, D.L. "*Defining and estimating a trading area*". The Journal of Marketing. v. 28, n. 3, p. 34 – 38, jul. 1964.