

OTIMIZAÇÃO E SIMULAÇÃO DE UMA REDE VIÁRIA

NAYARA CRISTINA DE OLIVEIRA¹, CARLOS ALBERTO FARIA²

RESUMO

O presente trabalho pretende destacar a importância do planejamento urbano, adequado à aplicação em cidades do Brasil. Assume-se no trabalho que o uso da informação desempenha um papel fundamental na aplicação prática deste conceito. Com uma visão de uma abordagem multidisciplinar, o trabalho avalia alternativas de utilização da informação, aplicada à logística, principalmente, para a sua planificação. O artigo destaca ainda que a utilização de informações deve ser considerada no processo de planejamento de transporte e na aplicação prática do conceito de planejamento urbano, procurando demonstrar através da apresentação de alguns exemplos, a sua utilidade.

A área de estudo, cidade de Uberlândia, que foi configurada com base na rede viária utilizando o programa TransCAD. A fonte primária de dados é o mapa georeferenciado desta área e as informações obtidas quando se importa este arquivo são de natureza geográficas. Para o desenvolvimento das etapas seguintes e a configuração do sistema viário são necessários os conceitos baseados na teoria dos grafos.

PALAVRAS CHAVES:

Otimização, Simulação, Informação, Planejamento de Transportes, TransCAD.

¹ Graduanda em Engenharia Civil pela Faculdade de Engenharia Civil, Bolsista PIBIC/FAPEMIG. Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Campus Santa Mônica. Avenida João Naves de Ávila, 2121, Bloco Y, CEP: 38400-902.

nayara_oli@hotmail.com

² Professor Doutor da Faculdade de Engenharia Civil. Faculdade de Engenharia Civil Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Campus Santa Mônica. Avenida João Naves de Ávila, 2121, Bloco Y, CEP: 38400-902.

cafarria@ufu.br

SUMMARY

This paper intends to highlight the importance of urban planning, appropriate to the application in cities in Brazil. It is assumed in the work that the use of information plays a fundamental role in the practical application of this concept. With a vision of a multidisciplinary approach, the study evaluates alternatives for the use of the information, applied to logistics, mainly for its planning. The article also highlights that the use of information should be considered in the process planning, trying demonstrate through presentation of examples, its utility.

The study area is the city of Uberlândia which was set up based on the roads using the program TransCAD. The primary source of data is geographical reference the map of this area and the information obtained from this file when it is geographical in nature. For the development of the next steps in shaping the road system are needed based on the concepts theory of graphs

KEYWORDS:

Optimization, Simulation, Information, Transportation Planning, TransCAD.

1 INTRODUÇÃO

O gerenciamento e a utilização da informação criam um ciclo informacional onde informação dá origem a mais informação e conhecimento e mais conhecimento (McGEE e PRUSAK, 1994), coloca os indivíduos em melhores condições para a solução de problemas das organizações e da sociedade. A informação passou a ter relevância significativa nas décadas finais do século passado, quando a explosão informacional, potencializada pelas tecnologias emergentes, fez com que

o seu tratamento ganhasse nova dimensão, devido ao ritmo constante de crescimento.

Observa-se atualmente no Brasil, aumento crescente da importância de utilização objetiva de informações sobre os sistemas de transportes e, também, uma maior conscientização de alguns operadores. Segundo Macário et al., 2005; Schein e Domingues, 2004; Câmara et al.,; Ribeiro e Jacques, 2000; Balassiano, 1997, as informações de viagens que são fornecidas aos usuários do transporte público, na

maioria das cidades brasileiras, são poucas e, na maioria das vezes, inadequadas.

A falta de análises mais objetivas sobre as cidades tem dificultado também a ação do poder público. Apesar de que, durante as últimas décadas algumas cidades tem sido objeto de planos urbanísticos das mais diversas naturezas, planos diretores, de trânsito e transportes, legislações de uso e ocupação do solo e também planos setoriais. Constata-se que estes planos não têm sido elaborados com base em estudos de caráter científico, ou seja, apoiados em uma base consistente de dados, capaz de revelar as verdadeiras dimensões da sua realidade.

Apesar da importância das cidades brasileiras de porte médio no contexto urbano, percebe-se que estudos que objetivem melhorar a eficácia dos sistemas de transportes e a mobilidade urbana estão restritos as cidades de grande porte e as metrópoles, ficando as de médio porte carentes de análise do seu processo de crescimento. Nesse sentido é necessário realizar estudos que revelem a complexidade das relações intra-urbana nas cidades.

O planejamento de transportes na logística urbana é uma atividade de grande importância, que pode contribuir muito

para as tomadas de decisões cujo foco seja a realização de intervenções ou, até mesmo, a otimização de serviços na rede viária principal ou de mudanças nos padrões de comportamento das viagens urbanas.

A geração de cenários é um importante instrumento do planejador para antecipar-se e não deixar que ocorra deterioração gerando situações desagradáveis quanto ao padrão para garantir uma boa qualidade de vida. Simular um cenário requer profundos conhecimentos em modelos matemáticos e recursos de informática aplicados na área de estudo no planejamento de transportes e de uso e ocupação do solo urbano. Ainda mais, estes dois planos devem estar consistentes entre si por causa das relações que se desenvolvem e interferem um no outro e vice-versa.

Este trabalho pretende ser um instrumento ilustrado por este pensamento onde é possível gerar um cenário futuro em horizonte de longo prazo que seja viável tecnicamente de simular o desenvolvimento de uma área de estudo. As informações de desenvolvimento são oriundas de um plano diretor ou de outras fontes de natureza oficial ou mesmo com base em estudos de tendências futuras.

Neste sentido, o objetivo será configurar a rede viária principal de uma área urbana de

porte médio para aplicação de rotinas de otimização e simulação com animação dinâmica com base nos programas TransCAD e TSIS.

Grande parte do trabalho neste projeto foi desenvolvido com a utilização dos mapas digitalizados e com emprego de programas de micro-computador, no sentido de fazer esta consistência de situações ocorridas no passado, para a geração de parâmetros para o planejamento futuro.

Além disso, este trabalho procurou destacar a importância do uso da informação e seu potencial para subsidiar estratégias e programas que utilizam e possibilitam desenvolver os conceitos de mobilidade em transporte, contribuindo dessa forma, para a otimização do uso do espaço urbano.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo será configurada com base na rede viária utilizando o programa TransCAD. A fonte primária de dados é o mapa georeferenciado desta área e as informações obtidas quando se importa este arquivo são de natureza geográficas. Para o desenvolvimento das etapas seguintes e a configuração do sistema viário são necessários os conceitos

baseados na teoria dos grafos, descritos a seguir.

2.1 Teoria dos grafos

Grafos são objetos de grande importância para diversas áreas, dentre elas destacam-se a Matemática e a Engenharia. Muitos problemas, especialmente os de natureza combinatorial, podem ser traduzidos em problemas envolvendo grafos. Assim, pode-se dizer que grafo é uma entidade simples, abstrata e intuitiva usada para representar algum objeto que contenha relações entre si. Graficamente, é representado em uma figura com nós ou vértices, significando que os objetos são unidos por arestas configurando a relação imaginada.

Matematicamente, o Grafo é representado por $G=(V,E)$, onde V é o conjunto de vértices e E é o conjunto de arestas ou ligações entre os vértices. ($|V| = n$, $|E| = m$). A Figura 1 mostra o grafo $G=(V,E)$. Observe que laços são permitidos pela definição. Múltiplas linhas não são permitidas.

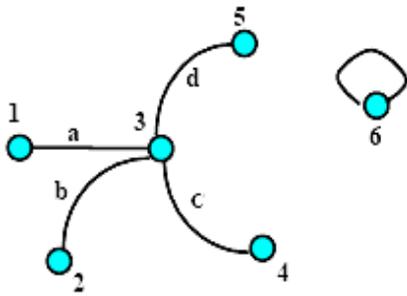


Figura 1 – Grafo não orientado

Neste exemplo, $V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ e $E = \{\{1, 3\}, \{2, 3\}, \{3, 4\}, \{3, 5\}, \{6, 6\}\}$. É comum a utilização da variável v_i ou x_i , $i = 1, 2, \dots, n$ para a distinção dos nós (vértices). ($|V| = 6$, $|E| = 5$).

O grafo é dito direcionado ou Dígrafo quando as ligações entre os vértices são direcionadas. Neste caso denomina-se de arco a aresta direcionada. O Dígrafo é representado matematicamente também por: $G = (V, E)$, onde V é o conjunto de vértices e E é uma relação binária em V (i.e., um conjunto de pares ordenados) das ligações. Neste exemplo, $V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ e $E = \{(3, 1), (2, 3), (4, 3), (3, 5), (6, 6)\}$. $|V| = 6$, $|E| = 5$ conforme mostrado na Figura 2.

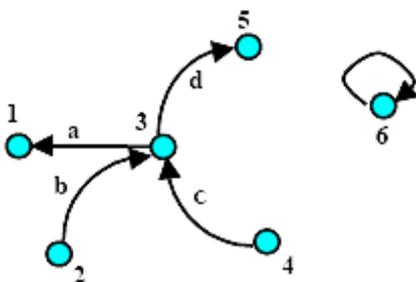


Figura 2 – Grafo orientado

Uma Rede é um grafo não-direcionado (ou um dígrafo) no qual um número real é associado aos vértices e/ou ligações. Este número é frequentemente referido como o peso da ligação. Essa classificação é dada de acordo com a necessidade, ou não, da indicação do fluxo entre os vértices. Na prática este número pode representar custos, distâncias ou tempos de viagem, capacidades, e/ou suprimentos e demandas; dentre outros.

Uma Rede é representada matematicamente também por $G = (V, E, w)$, onde V é o conjunto de vértices, E é o conjunto de ligações e w é o peso associado aos vértices e/ou ligações. Veja na figura 3 abaixo.

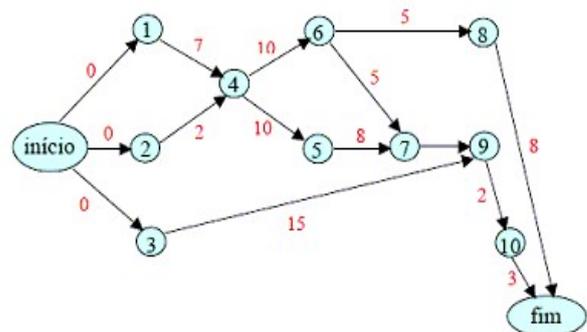


Figura 3 – Rede com medida de ponderação (duração das atividades)

2.2 Fluxo em redes

Conforme mencionado, uma rede é um grafo dirigido e sem laços que possui

exatamente uma raiz e uma anti-raiz. Associando a cada aresta \underline{a} da rede, um valor $c(\underline{a})$ que corresponde à capacidade da aresta, pode-se definir uma função $\emptyset(\underline{a})$ que correspondente ao fluxo da aresta. Esta função satisfaz as seguintes restrições:

1. $\emptyset(a) \geq 0$ - fluxo é não negativo em cada arco;
2. $\emptyset(a) \leq c(a)$ - fluxo não excede a capacidade do arco;
3. O fluxo que entra é o mesmo que sai de um vértice;
4. O fluxo que entra na fonte (raiz) é o mesmo que chega ao sumidouro (anti-raiz), que é o fluxo máximo \emptyset_0 da rede;

O objetivo do ponto de vista da engenharia de transportes é obter o fluxo máximo \emptyset_0 da rede.

2.3 Algoritmo de Ford-Fukerson

Este algoritmo é bastante difundido porque possibilita a obtenção do fluxo máximo em uma rede de transportes. Os passos para se obter este resultado estão descritos a seguir:

1. Introduce-se um fluxo arbitrário compatível, ou seja, $\emptyset(a) \leq c(a)$;
2. Obtém-se um fluxo completo (todos os caminhos contenham pelo menos um arco saturado);

3. Obtém-se o fluxo máximo:

3.1. Marca-se a fonte com sinal + ;

3.2. Um vértice X_i estando marcado:

a) marcar com + X_i todo vértice X_j não marcado tal que existe um arco (X_i, X_j) não saturado;

b) marcar com - X_i todo vértice X_j não marcado tal que exista um arco (X_j, X_i) percorrido por um fluxo não nulo;

3.3 Se o fluxo não for máximo, considera-se a seqüência de vértices marcados (+ ou -) indo da fonte ao sumidouro; se um arco desta seqüência é orientado no sentido da seqüência soma-se; em caso contrário, subtrai-se uma unidade ao fluxo desse arco;

3.4 Apagam-se as marcas e retorna-se ao passo 3.1 até que não seja possível marcar o sumidouro (passo 3.3);

Observe a rede e a seqüência de figuras, com as devidas explicações sobre o algoritmo citado.

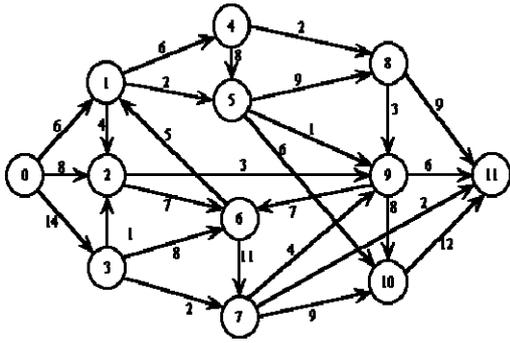


Figura 4 – Uma rede com fluxos arbitrários e compatíveis

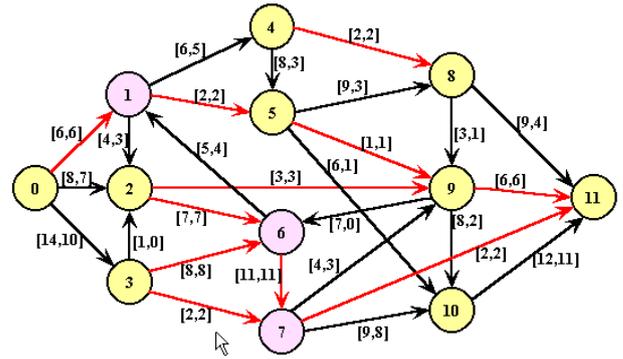


Figura 7 - Cálculo do caminho que pode ser otimizado - (passos 3.3)

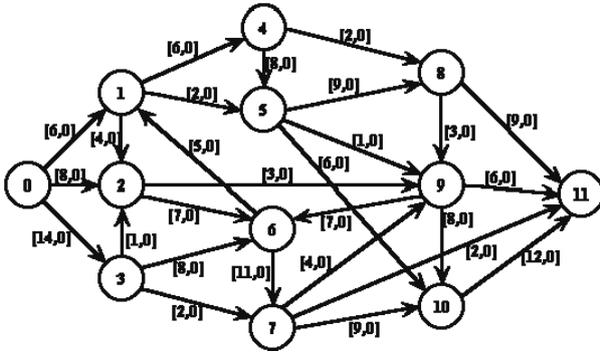


Figura 5 - Após o cálculo do fluxo completo

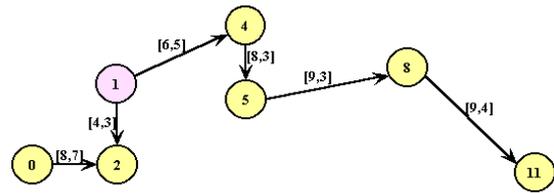


Figura 8 - Rede após otimização do caminho anterior (passo 3.3)

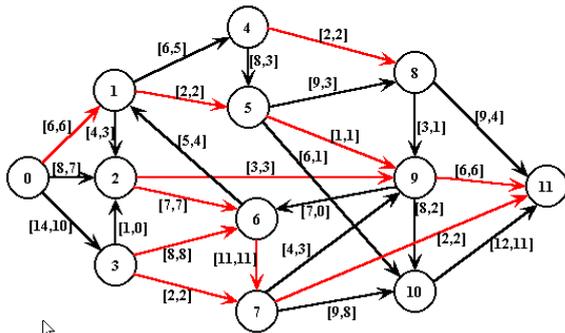


Figura 6 - Após as marcações (passos 3.1 e 3.2)

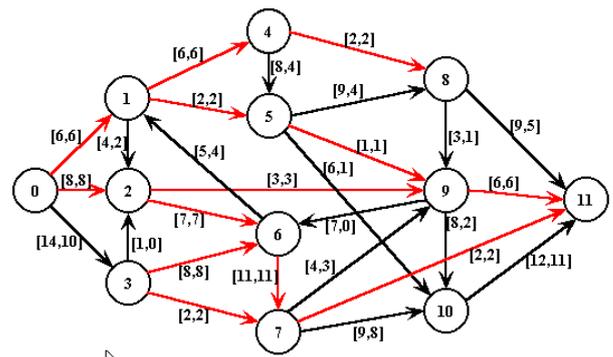


Figura 9 - Rede após nova tentativa de marcação (passos 3.4, 3.1 e 3.2)

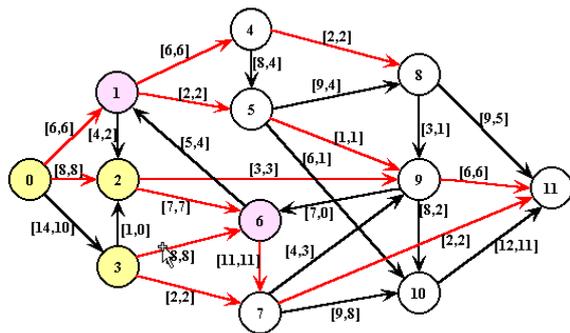


Figura 10 - Como a anti-raiz não foi marcada, o fluxo nesta rede é máximo.

2.4 Programa TransCAD

Inicialmente, para estudo do TransCAD, houve uma fase de coleta de informações, em arquivos digitais, como a pesquisa O/D (origem/destino) domiciliar para identificação das viagens internas realizadas no município e a pesquisa na linha de contorno para a identificação das viagens que cruzam os limites desta região.

O TransCAD é um importante Sistema de Informações Geográficas (SIG) que usa informações de arquivos com dados geográficos para fazer a representação em mapas de características dos sistemas de transportes. A representação matemática de uma rede viária é baseada na teoria dos grafos constituída por nós e arcos. Com isso é possível resolver problemas de transporte como, por exemplo, obter os caminhos mínimos com base no parâmetro de viagem utilizado e fazer a alocação do tráfego.

Segundo Caliper (1999), as redes são utilizadas para analisar a maneira como pessoas e mercadorias fluem de uma local para outro e são representadas com base na teoria dos grafos contendo nós e arcos. É uma representação matemática dos caminhos prováveis em uma dada área de estudo e fazendo analogia com o sistema viário real, os nós correspondem às interseções e os arcos, às vias propriamente ditas. Todo nó e arco da rede possuem um número de identificação (ID).

A rede é uma estrutura especial de dados que armazena importantes características do sistema de transportes. O TransCAD permite utilizar os arquivos georeferenciados para construir mapas dos sistemas de transporte e as redes podem ser utilizadas para resolver diversos tipos de problemas.

Os caminhos mínimos são rotas em uma rede de transportes, em que o custo geral é o menor possível. Este custo refere-se a uma medida de impedância de viagens que pode ser baseada na distância, tempo ou o custo da viagem. Encontrar os caminhos mínimos em uma rede com base em origens e destinos pré-determinados, é um procedimento inicial para solução de diversos problemas de transportes.

Segundo Silva e Waerden (1997), as ligações e os nós são parâmetros característicos da rede viária, identificados no programa TransCAD pela camada (*layer*) *New Endpoints*. Uma camada de linhas associada a um mapa consiste em um conjunto de linhas, cada qual tendo um referencial de início e fim identificados por coordenadas geográficas.



Figura 11 – Mapa de Uberlândia

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Configuração da rede viária

Para efeito deste trabalho a rede viária já estava parcialmente configurada, cujo procedimento foi desenvolvido por outros alunos em projetos de extensão e iniciação científica. Com base no Guia Sei, lista telefônica de endereços de Uberlândia para serviços e informações que dispõe de mapas foi utilizada como instrumento para identificação e visualização de problemas e informações localizadas na área urbana. Preencheu-se o *Dataview* com o nome das ruas e avenidas da cidade e também com os sentidos do fluxo de tráfego. Algumas complementações foram feitas, devido ao fato de haver bairros novos na cidade, conforme apresentado na Figura 11.

O TransCAD identifica automaticamente, em arquivo georeferenciado, o comprimento do arco, ou seja, o comprimento das vias e o identificador (ID) correspondente, conforme apresentado na Figura 12 durante o mapa está sendo importado no programa. Outros parâmetros tais como velocidade, sentidos de tráfego, etc. devem ser informados conforme a situação existente nos campos do *Dataview* criados manualmente.

ID	LENGTH	DIR	DATA	Street_Names	Velocity	Bairro
60487	0.02	0	21826 R DAS BROMÉLIAS		40	CIDADE JARDIM
60494	0.06	0	21827 R DOS ALECRUIS		40	CIDADE JARDIM
60500	0.12	0	19994 R DAS PAPOULAS		40	CIDADE JARDIM
60506	0.12	0	19992 R DAS PAPOULAS		40	CIDADE JARDIM
60512	0.18	0	20002 R IPOMÉIAS		40	CIDADE JARDIM
60519	0.18	0	19999 R DAS ALFAZEMAS		40	CIDADE JARDIM
60525	0.06	0	19978 R TULIPAS		40	CIDADE JARDIM
60531	0.01	0	20000 R IPOMÉIAS		40	CIDADE JARDIM
60537	0.06	0	19973 R TULIPAS		40	CIDADE JARDIM
60544	0.14	0	19976 R IPOMÉIAS		40	CIDADE JARDIM
60550	0.18	0	20014 R DAS BROMÉLIAS		40	CIDADE JARDIM
60556	0.06	0	19970 R TULIPAS		40	CIDADE JARDIM
60562	0.10	0	19995 R DOS HIBISCOS		40	CIDADE JARDIM
56715	0.13	0	19428 RUA DOS BEM-TE-VI		40	JARDIM DAS PALMEIRAS
56721	0.18	0	19436 RUA DAS ROLHINHAS		40	JARDIM DAS PALMEIRAS
56727	0.23	0	19439 RUA DAS ÁGUAS		40	JARDIM DAS PALMEIRAS
56733	0.09	0	19437 RUA DOS PICAPAUSSUS		40	JARDIM DAS PALMEIRAS
56740	0.08	0	19426 RUA DOS PICAPAUSSUS		40	JARDIM DAS PALMEIRAS
56746	0.20	0	19420 RUA COLIBRIS		40	JARDIM DAS PALMEIRAS

Figura 12 – *Dataview* contendo dados importados (em cor Verde) e obtidos no TransCAD (em cor Branca)

Para a elaboração do Plano de Transportes deve ser definida a área de estudo onde os dados deverão ser coletados. A fronteira que delimita esta área é denominada de cordão externo ou linha de contorno. Esta área deverá ser dividida sub-áreas, menores e mais homogêneas. Estas sub-áreas são denominadas de zonas de tráfego que devem ser definidas e caracterizadas, conforme as características da área de estudo e, posteriormente, configuradas em um banco de dados para outros tipos de aplicações. Cada zona possui um centro denominado de centróide onde as viagens têm origem e destino, por analogia, semelhante ao centro de gravidade de um objeto qualquer. É o ponto de referência de cada zona.

Para a realização da pesquisa Origem/Destino (Pesquisa OD), a cidade de Uberlândia foi dividida em 65 zonas de tráfego. No programa TransCAD, estas zonas foram identificadas e os centróides foram localizados geograficamente, conforme apresentado na Figura 13.

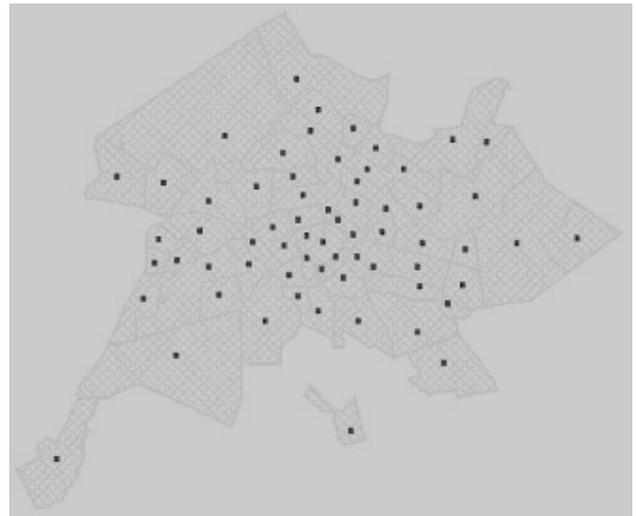


Figura 13 – Zoneamento e localização dos centróides

Segundo Mello (1981), não existe uma regra fixa para estabelecer o número ou o tamanho das zonas de tráfego. Isto dependerá, dentre outros fatores, da densidade populacional, concentração de atividades, das características de atração e produção de viagens e do nível de demanda existente.

Nesse trabalho, algumas zonas de tráfego correspondem a bairros ou grupos de bairros com características sócio-econômicas semelhantes. Bairros pequenos foram agrupados em uma zona, como exemplo, a zona 61, corresponde aos bairros: Alto Umarama, Morada dos Pássaros, Quintas do Bosque e Aclimação. Bairros maiores foram divididos em mais de uma zona, como por exemplo, o Tibery que agrupou três zonas, 17,18 e 19, conforme apresentado na Figura 14 e 15.

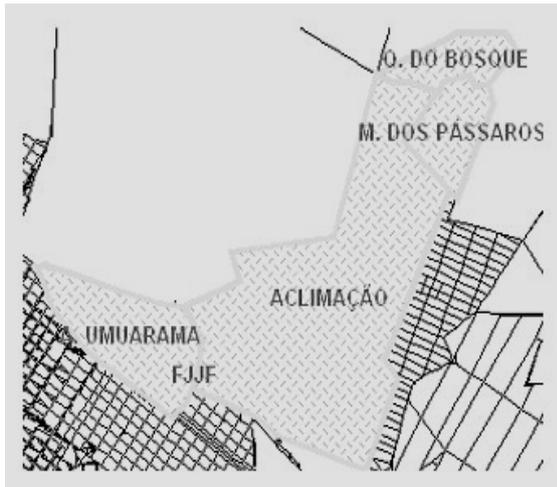


Figura 14 – Bairros Alto Umuarama, Morada dos Pássaros, Quintas do Bosque, Aclimação



Figura 15 – Bairros Tibery e Brasil

Para cada *layer*, o programa TransCAD abre um novo *Dataview*. Para um *layer* de área, o programa identifica automaticamente a área (Km²) e o seu identificador, e foi incluído o número da Zona de Tráfego, bairro e população (Figura 16).

ID	Area	ZONA	BAIRRO	[POPULAÇÃO]
1	1.40	1	CENTRO	3719
3	1.24	9	HOSSA SEIHOA A	8723
2	0.50	2	HOSSA SEIHOA A	5521
4	0.39	3	LÍDICE	3197
5	0.31	4	LÍDICE	3105
6	0.45	5	FUNDINHO	3103
7	0.96	6	OSVALDO RESENDI	6945

Figura 16 – Dados georeferenciados de áreas

Já para um *layer* de pontos, o programa cria automaticamente seu identificador, a latitude e longitude, sendo necessário preencher outros campos conforme objetivos do trabalho. Neste caso, foram incluídos o número da Zona de Tráfego e a localização do centróide (Figura 17).

ID	Longitude	Latitude	[CENTRÓIDE]
1	-48276366	-18916348	1
2	-48270842	-18908769	2
3	-48271802	-18921366	3
4	-48276840	-18925451	4
5	-48281998	-18921933	5
6	-48290275	-18917394	6
7	-48282238	-18914103	7

Figura 17 – Dados georeferenciados dos centróides

3.2 Caminhos mínimos

O TransCAD tem procedimentos para identificação do menor caminho de um local a outro com base na rede viária configurada, ou seja, respeitando as informações de sentidos de fluxos, com

base nas medidas de impedância de viagem. O menor caminho é obtido de modo que minimiza o valor total de um particular atributo (distância, tempo ou custo de viagem) da rede. (CALIPER , 2000).

Quando o programa soluciona o problema de menor caminho, ele assume a ordem em que foram determinados. Neste trabalho, a unidade de distância escolhida foi quilômetros. Assim, obteve-se a matriz quadrada (65x65) de caminhos mínimos entre as zonas de tráfego da Cidade de Uberlândia (Ver anexo 1). Nota-se que o menor caminho entre o centróide da zona 2 e o centróide da zona 4 tem distância 2,362 km, e o menor caminho entre a zona 4 e a 2 tem distância de 2,4072 Km, ver Figuras 18 e 19.



Figura 18 – Distância mínima entre os centróides os Bairros Lídice e Nossa Senhora Aparecida

Isso acontece devido ao sentido do fluxo, que está indicado nas setas nos arcos da rede viária, pois o programa obedece ao que foi estabelecido na configuração dos sentidos de fluxos em cada trecho e na velocidade máxima permitida.

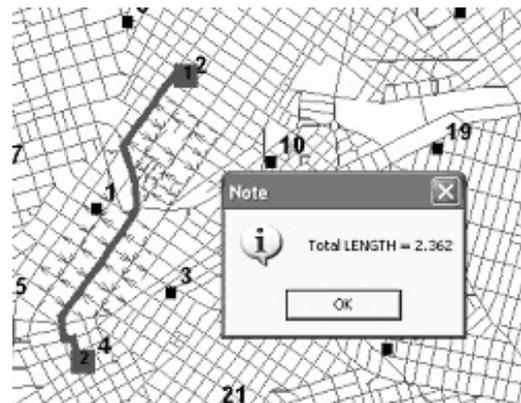


Figura 19 – Distância mínima entre os centróides dos Bairros Nossa Senhora Aparecida e Lídice.

3.3 Matriz de caminhos mínimos

O programa determina a matriz de caminhos mínimos entre os centróides das zonas de tráfego, conforme a configuração do sistema viário, ou seja, os caminhos mínimos determinados ocorrem nas vias conforme o sentido de fluxos das vias.

O procedimento para determinação desta matriz é na opção de *Routing/Logistics – cost matrix*. Apesar do nome ser matriz de custos, conforme apresentado na Figura 20, qualquer parâmetro de impedância

pode ser selecionado (distância, tempo ou custo de viagem)

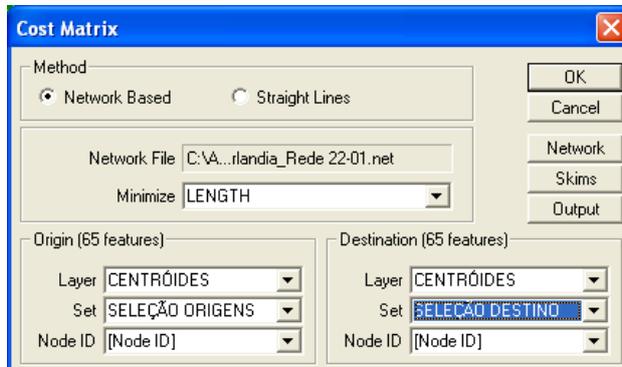


Figura 20 – Criando a matriz de caminhos mínimos

Como se deseja que esta matriz seja de caminhos mínimos, deve-se selecionar a opção *Network based*. Nota-se que o *Layer* escolhido foi o de centróides, já que os caminhos mínimos devem ser medidos entre todas as combinações de zonas de tráfego de origens e de destinos. Em seguida aparecerá a matriz que mostra os caminhos mínimos entre os centróides das 65 zonas de tráfego da cidade de Uberlândia (Figura 21).

	1	2	3	4	5
1	0.00	1.39	1.10	1.45	0.94
2	1.23	0.00	2.02	2.36	2.03
3	1.19	1.92	0.00	0.90	1.51
4	1.65	2.41	0.90	0.00	1.03
5	1.01	2.25	1.45	0.89	0.00
6	1.65	2.90	2.50	2.29	1.81
7	0.80	1.76	1.75	2.08	1.57

Figura 21 – Matriz de custos baseada em distâncias.

Na Figura 21, tem-se a distância mínima entre o centróide da zona de tráfego 2 (Bairro Nossa Senhora Aparecida) e o da zona 4 (Bairro Lídice), que é de 2,36 Km. É importante ressaltar que este caminho é mínimo porque ocorre conforme o sentido de tráfego das vias da rede configurada, qualquer outro caminho diferente deste terá distância de viagem maior.

3.4 Fluxo na rede

Inicialmente, importa-se os dados da matriz OD em arquivo MS EXCEL para o TransCad e com o *Layer* ainda ativo. Na opção *Planning - Traffic Assignment* seleciona-se a rede desejada (Figura 22).

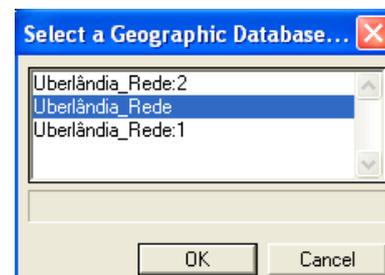


Figura 22 – Seleção da rede

Em seguida, deve-se escolher o método de alocação. Neste caso, foi utilizado o método Tudo ou Nada com base no caminho mínimo (Figura 23 e 24) para os dois sentidos de fluxos AB/BA (*Scaled - Symbol Theme*).

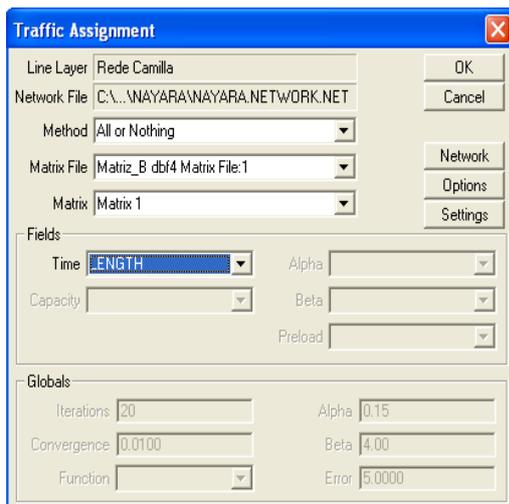


Figura 23 – Atribuição do tráfego

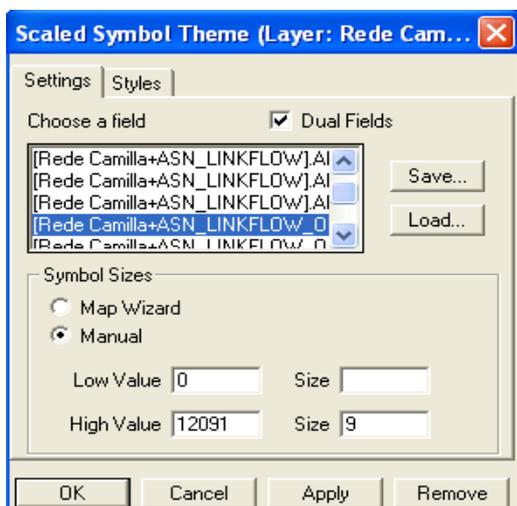


Figura 24 – Fluxos AB/BA

Este método de alocação realiza o procedimento sem nenhuma preocupação com a capacidade das vias. Esta análise para identificar se a via comporta ou não o fluxo alocado é feito posteriormente. Caso seja necessário, parte do fluxo que excede a capacidade da via pode ser alocado em outro caminho alternativo com grau de importância na seqüência do anterior.

As figuras a seguir, apresentam fluxos em importantes interseções da cidade de Uberlândia. Através da ferramenta Intersection diagram, encontram-se esses fluxos e pode-se fazer análises verificando o nível de serviço atual nestas interseções. Observe a figura abaixo (Figura 25).

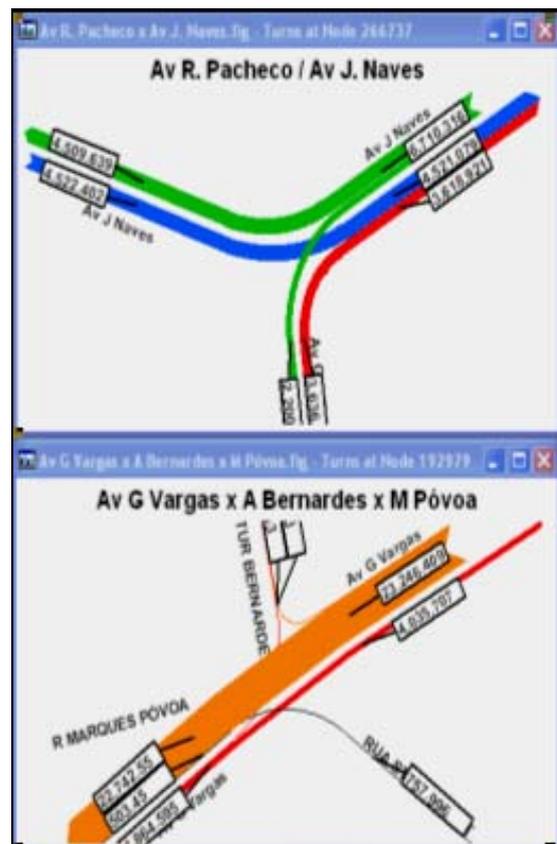


Figura 25 – Fluxos interseções de Uberlândia

A mesma mostra a avenida Rondon Pacheco com a João Naves, e posteriormente a Avenida Getúlio Vargas com a Avenida Artur Bernardes e a rua Marques Povoá. Nota-se que as espessuras são diferentes, pois variam de acordo com o fluxo apresentado na matriz O/D.



Figura 26 – Fluxos em importantes interseções de Uberlândia

Já figuras 26, têm-se 2 cruzamentos importantes na área urbana de Uberlândia. Primeiramente, tem-se a avenida Nicomedes com a avenida Rondon Pacheco e posteriormente as avenidas Afonso Pena com rua Coronel Antônio Alves. Estas últimas, levam ao centro da cidade. O fluxo de veículos também se mostra bastante intenso.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho procurou destacar a importância do uso da informação e seu

potencial para subsidiar estratégias e programas que utilizam os conceitos de Planejamento de transportes e uso e ocupação de solo urbano, contribuindo desta forma, para a otimização do uso do espaço urbano.

Com uma maior difusão da informação vinculada à operação de sistemas de transportes, será possível contribuir para uma melhor qualidade de vida em cidades de porte médio, como é o caso de Uberlândia.

O uso do programa TransCAD visou por meio de aplicações e procedimentos mostrar os recursos relacionados ao planejamento de transportes. Neste sentido, pode-se ressaltar alguns pontos como o fato deste programa dispor de um SIG, ou seja, um importante instrumento do planejamento. Sua vantagem consiste que o principal recurso é o uso de informações espaciais para gerar informações aos modelos de planejamento e gerar relatórios baseados em mapas, tabelas, estatísticas, gráficos e outros, proporcionando condições mais satisfatórias de visualização, entendimento e suporte à tomada de decisões.

Com isto, reduz a subjetividade de interpretação dos dados e fornece transparência na decisão das prováveis

alternativas. Isso somente é possível considerando-se sua capacidade de integração de dados e suas múltiplas alternativas de apresentação das informações aos usuários, o que potencializa a capacidade de abstração e simulação de resultados.

No entanto, a utilização eficiente deste tipo de tecnologia requer o conhecimento de suas potencialidades e limitações, bem como dos passos necessários para sua implantação e utilização, de modo a obter o máximo de resultados possíveis. Estas informações englobam: tipos de estruturas, tipos de dados, análises espaciais, conversão de dados, tipos de entidades, treinamento necessário, entre outras.

Sabe-se que o TransCad por sua complexidade, tomou mais tempo que o planejado, por isso o estudo do programa de simulação dinâmica, o TSIS, não pode ser realizado, já que prazo de entrega deste relatório estava próximo. Nesse sentido, precisaríamos de mais tempo para fazê-lo.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MACÁRIO, R., Bandeira, C., Carmona, M. Sistema de informação como instrumento de Gestão em Mobilidade Urbana. I Congresso Luso Brasileiro para Planejamento Urbano,

Regional, integrado e Sustentável, PLURIS, São Carlos, 2005.

2. SCHEIN, A. L. Dominguez, M. Sistemática e diretrizes para a implantação de sistemas de informação ao usuário de transporte coletivo urbano. XVIII Congresso Nacional ANPET, Florianópolis, 2004.

3. CALIPER CORPORATION, TransCAD Transportation GIS Software. User's Guide, Newton, MA, 2000.

4. RIBEIRO, D. A, Jaques, M. A. P. Proposta para implantação de sistemas de informação para usuários de transporte público. XIV Congresso Nacional da ANPET, Gramado, 2000.

5. CALIPER. *TransCAD User's Guide*. Caliper Corporation, Newton, MA, 1999.

6. SILVA, A. N. R & WAERDEN, P. V. D. First steps with a geographic information system for transportation. Eindhoven University of Technology, Netherlands, Fevereiro, 1997.

7. BALASSIANO, R. Planejamento estratégico em transportes considerando sistemas de média e

baixa capacidade. XI Congresso Nacional da ANPET, Rio de Janeiro, 1997.

8. MCGEE, J., PRUSAK, L. Gerenciamento estratégico da informação. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1994.

9. MELO, José Carlos. Planejamento dos Transportes Urbanos. Rio de Janeiro: Ed. Campus, 1981.