

LOCALIZAÇÃO DE TERMINAIS LOGÍSTICOS URBANOS COM USO DE FERRAMENTAS SIG: APLICAÇÃO À CIDADE DE UBERLÂNDIA

Camilla Miguel Carrara

Edson Martins de Aguiar

Escola de Engenharia de São Carlos

Universidade de São Paulo

Carlos Alberto Faria

Faculdade de Engenharia Civil

Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

A localização de terminais logísticos ou centros transferência de carga em áreas urbanas é uma decisão complexa, que envolve questões econômicas, urbanas e geográficas, e os vários agentes envolvidos (com seus objetivos conflitantes). Desta forma, localização de terminais logísticos deve integrar política pública de desenvolvimento. Este tema vem sendo tratado pela Logística Urbana, que tem como objetivo minimização dos impactos ambientais e econômicos relacionados à movimentação de cargas nas áreas urbanas. Pretende-se neste trabalho, a partir da caracterização da problemática dos transportes na área central de Uberlândia, a utilização das ferramentas do *software* TransCAD (SIG-T), como Modelo de Localização de Instalações, com foco na minimização dos custos de transporte. O Problema de Localização de Instalações envolve a determinação do número de instalações ótimas em um conjunto de instalações candidatas e alocação de clientes, visando o cumprimento de um objetivo. O modelo foi aplicado com sucesso em um estudo de caso.

ABSTRACT

The logistic terminals location or loading transfer hubs in urban areas is a complex decision that involves economical, urban and geographical aspects and the several agents involved (with their disagreements). Therefore, logistic terminals location should be included in the public politics development. This subject has been dealt with in City Logistics which has as an aim the environmental and economical impacts reduction related to the loads movement in urban areas. This work has an intention starting from a transports problem characterization in the Uberlândia central area and application of TransCAD software tools (SIG-T), as Facilities Location Model, aiming the transport costs minimization. The Facilities Location Model involves the number determination of huge facilities among a set of available candidates and customers' allocation, so optimizes an objective. The model was applied with success in a study case.

1. INTRODUÇÃO

A movimentação de cargas e pessoas nas áreas urbanas mesmo sendo vital para a geração de riqueza de uma região causa transtornos à sociedade como, por exemplo, congestionamento, queda da mobilidade e da acessibilidade, poluição, ruído, vibração e altos índices de acidentes de trânsito. Embora sejam igualmente importantes no contexto econômico tanto local quanto global, o enfoque de muitas pesquisas e políticas está direcionado para o transporte de passageiros (LIMA *et al.*, 2005).

Observa-se que, principalmente nas áreas centrais, a movimentação da carga urbana está relacionada com a circulação, às manobras e operações de carga e descarga de caminhões. Com pouco ou nenhum controle, esta movimentação contribui para o agravamento da problemática dos transportes através da redução da capacidade e segurança viária, incremento dos níveis de congestionamento, consumo de energia, custos de operação e, poluição sonora e atmosférica (CARVALHO, 2000 por LIMA, 2005).

A estrutura urbana e as medidas que têm sido tomadas para minimizar os problemas reduzem a acessibilidade e diminuem a eficiência logística do sistema de transporte urbano de pessoas

e cargas. Isto resulta no aumento dos tempos de viagem, baixa qualidade de serviço e, em alguns casos, maior número de veículos do que o necessário (DUTRA *et al.*, 2003).

O agravamento da crise urbana nos países em desenvolvimento e as mudanças políticas, sociais e econômicas que no momento se processam em escala mundial, requerem um novo esforço de organização das cidades e dos seus sistemas de transporte (ANTP, 1998).

A localização dos terminais logísticos urbanos se insere em um novo enfoque para o transporte urbano de cargas denominado Logística Urbana, que segundo Taniguchi *et al.* (2001), visa otimizar globalmente os sistemas logísticos dentro de uma área urbana através de parcerias público/privado e melhor uso da tecnologia.

A Logística Urbana traz um novo conceito como solução aos problemas relativos à movimentação da carga urbana, em vista do que até hoje tem se presenciado no Brasil: medidas restritivas de horários para a circulação de veículos de carga e à operação de carga/descarga em determinadas vias ou áreas da cidade. Assim, este estudo se justifica pelo significativo crescimento do volume de veículos de cargas se movimentando dentro dos limites urbanos, pela alta frequência de entregas e pelos notáveis impactos gerados por essa movimentação.

Este estudo trata do modelo de localização dos terminais logísticos como um Problema de Localização de Instalações, que de acordo com Ballou (2001) é um dos mais importantes a considerar na área da logística.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO BÁSICA

2.1. Logística Urbana

Em um sentido amplo, Thompson (2003) afirma ser a Logística Urbana um processo de planejamento integrado para distribuição de carga urbana, baseado em um sistema de aproximações (integração), as quais promovem esquemas inovadores, que reduzem o custo total (incluindo os econômicos, sociais e ambientais) dos movimentos de carga nas cidades. Admite, ainda, a estimação de uma estrutura para os planejadores urbanos, onde os impactos dos esquemas propostos constituem parcerias entre os setores público e privado.

Na busca pela solução completa do problema, é necessário identificar todos os agentes envolvidos no processo de movimentação da carga urbana e seus interesses na maioria das vezes conflitantes. Mas a Logística Urbana encoraja a colaboração e cooperação entre os interessados no processo de forma ativa e sob condições de economia de mercado. Assim, pode-se verificar a consciência de que a logística Urbana objetiva a otimização global dos sistemas logísticos na área urbana, considerando custos e benefícios para os setores público e privado.

Taniguchi *et al.* (2001) consideram muitos tipos de esquemas na Logística Urbana e que devem incorporar uma ou mais das iniciativas: sistemas de informações avançados, sistemas cooperativos de transporte de carga, terminais logísticos públicos, controles do fator de carga, sistemas subterrâneos de transporte de carga e áreas com controle de acesso.

2.2. Terminais Logísticos Urbanos

O conceito de terminais logísticos urbanos, ou de acordo com Nobre e Dutra (2005) centros de consolidação e parcelamento de carga ou simplesmente centros de transferência, é ainda pouco discutido e a bibliografia referente ao título é escassa. Um estudo recente e de referência foi realizado em Roma onde foi proposta uma estrutura organizacional e tecnológica – plataformas logísticas - para o controle integrado do transporte de carga urbana (Crainic *et al.*, 2004).

Movimentos de cargas envolvem várias funções relativas aos nós e *links* no sistema logístico. Estas funções nos *links* são de transporte, coleta e entrega, e as funções nos nós incluem o armazenamento, depósito, manipulação, processamento, estacionamento, embalagem, carga/descarga. Os terminais logísticos são requeridos para cumprirem essas funções nos nós, não necessariamente todas as citadas anteriormente, e para localização precisam estar incorporados nos sistemas logísticos urbanos estabelecidos.

O terminal logístico urbano é uma infra-estrutura que objetiva a otimização da movimentação da carga urbana com relação ao sistema urbano. Apóia o uso de veículos menos poluentes e que provocam os mínimos impactos ambientais, a racionalização da operação do transporte de carga e do tráfego em geral, através do sistema de transporte cooperado e da otimização da capacidade de transporte dos veículos. Assim, contribui para a redução dos impactos advindos da movimentação da carga urbana, com a retirada de veículos das vias em horários críticos e dos núcleos centrais congestionados, e com a redução dos caminhões que circulam vazios.

Terminais logísticos podem atender centros de distribuição de várias empresas e, também, são complexas facilidades com múltiplas funções envolvendo os sistemas de informações avançados, os quais podem facilitar a implementação dos sistemas cooperativos de transporte de carga.

Sendo uma infra-estrutura adicional do sistema logístico já estabelecido, os terminais logísticos urbanos, acarretarão um custo extra ao transporte de cargas. Porém este custo pode ser compensado tanto em termos econômicos quanto ambientais pela redução das restrições, que segundo Lima *et al.* (2005) são: restrições de estacionamento, congestionamento e limites da capacidade de veículos em horário comercial, as quais os serviços de entrega estão sujeitos.

A localização dos terminais logísticos urbanos é proposta como solução para o controle da demanda do tráfego de carga nas áreas urbanas. As cargas destinadas às áreas urbanas são descarregadas em local tipo-galpão, localizado próximo à periferia das cidades e, depois transportadas em veículos menores (por exemplo, veículo urbano de carga – VUC) para uma entrega final nos pontos comerciais mais centrais e, destes para o consumidor final.

Terminais logísticos urbanos otimizados podem transferir o centro de gravidade do transporte de carga do centro da cidade para a periferia e aliviar a pressão do tráfego no centro e melhorar a eficiência de todo o sistema de transporte urbano (YANG *et al.*, 2005).

O terminal discutido neste estudo se insere numa proposta de parceria entre setor público e privado, sendo uma instalação localizada em um ponto nodal da rede de transporte e de logística, que reúne várias atividades de valor agregado, tais como transporte, armazenagem,

controle de estoques e processamento dos pedidos, oferecendo bens e serviços disponibilizados à população.

2.2.1. Localização dos Terminais Logísticos Urbanos

Os terminais logísticos segundo Romero e Gualda (2005), geram impactos de ordem social, econômica, ambiental e/ou política na região do seu entorno. Considerando a configuração e o desempenho do sistema de transporte como um todo, dentre o conjunto de decisões que influenciam, a localização dos terminais logísticos urbanos ocupa uma posição relevante, uma vez que está diretamente relacionado aos custos e aos níveis de serviços a serem alcançados e envolve altos investimentos.

De acordo com Ogden (1992) a localização de facilidades para a distribuição de cargas é influenciada por fatores determinantes como: espaço disponível em área adequada, vias operando sem congestionamentos, áreas sem restrições de circulação de veículos pesados, zonas sem restrição de barulho durante todo o dia.

A instalação de terminais envolve ainda considerações não-tangíveis relativas à manutenção da qualidade de vida e a resistência ou aprovação da sociedade. É importante considerar que a infra-estrutura existente impõe restrições às possibilidades de localização.

2.3. Sistemas de Informações Geográficas

Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG podem ser definidos como uma coleção organizada de hardware, software, pessoal e dados geográficos, com o objetivo de capturar, armazenar, manipular, atualizar, analisar, mapear os dados espaciais e apresentar as informações referenciadas geograficamente.

Segundo Câmara *et al.* (1996) as administrações municipal, regional e nacional têm cada vez mais utilizadas SIG's como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisões, tanto para a definição de novas políticas de planejamento quanto para a avaliação de decisões tomadas. É crescente principalmente o uso de SIG's como apoio ao planejamento ambiental e urbano.

Os profissionais de planejamento e operação de sistemas de transporte, de acordo com Raia Jr. e Silva (1998), devido a sua grande utilidade, cada vez mais têm utilizado o SIG, principalmente quando se trata de relacionar atributos de pessoas, edifícios, redes, sistemas e serviços geograficamente referenciados. Assim, particularizou-se a denominação de SIG-T para designar a adoção e adaptação da ferramenta SIG para objetivos específicos em transporte.

Neste trabalho utilizou-se o SIG TransCAD como ferramenta para análise devido às vantagens de seu Modelo de Localização de Instalações em resolver diferentes tipos de problemas de localização de instalações, com aplicações tanto no setor público como no setor privado.

2.3.1. TransCAD

É um sistema de administração e análise de dados relacionados ao transporte, onde se integram informações geográficas, modelos de planejamento e aplicações logísticas. Contém todas as ferramentas necessárias para criar e editar mapas e grupos de dados geográficos, produz mapas temáticos, gráficos e realiza análises espacial e geograficamente. Inclui

pesquisa de operação e análise de modelos em rede de transportes, dispõe ainda de um conjunto de modelos avançados para aplicações específicas e ferramentas de suporte para análises estatística e econômica (CALIPER, 1996a).

As rotinas específicas de transportes abrangem vários problemas usuais de transportes, como: aplicações com matrizes, definições de zonas, geração e distribuição de viagens, divisão modal, alocação de tráfego, roteirização e problemas de localização de facilidades que constitui o foco deste trabalho.

2.3.2. Modelo de Localização de Instalações

Problemas de localização de instalações envolvem escolher o melhor local para uma ou mais instalações de um conjunto de locais candidatos. Tipicamente, existe também um conjunto de instalações existentes a ser considerado na avaliação de novos locais. A meta pode ser determinar o número de instalações que é necessário para garantir aconselhável nível de serviço. Mas existem problemas de localização de instalações onde a meta é minimizar a distância entre as instalações e a população que elas servem. Pode haver restrições financeiras ou operacionais que afetam estes problemas. O TransCAD possui um conjunto de rotinas de objetivos gerais da localização de instalações que podem dirigir-se virtualmente a todos os tipos de problemas descritos acima.

Cada instalação serve um número de clientes. Para cada combinação de uma instalação e um cliente, há uma medida conhecida como custo de serviço. O custo de serviço pode ser medido em termos monetários, distância, tempo de viagem, distância multiplicada por um custo por Km. Os valores dos custos de serviço são armazenados numa matriz conhecida como a matriz de custos. As linhas da matriz representam as instalações existentes e candidatas, e as colunas representam os clientes.

Modelos de Localização de Instalações são usados para identificar localizações ótimas para armazéns, hospitais, lojas de varejo, instalações de fábricas, e outros tipos de instalações. Em geral, a meta em localizar tais instalações é para também fornecer um alto nível de serviço, minimizar custos de operação, ou para maximizar lucros.

Os dados de entrada para o problema de localização de instalações consistem do seguinte:

- Uma camada de pontos ou de áreas contendo instalações existentes e locais de instalações candidatas;
- Uma camada de pontos ou de áreas de locais de clientes;
- Uma matriz de custos ou de lucros.

3. ESTUDO DE CASO

Este estudo se originou do diagnóstico de problemas e impactos relacionados ao transporte de carga na área urbana, principalmente na área central, de Uberlândia. O objetivo é apresentar uma alternativa operacional para redução da problemática da movimentação de veículos de carga urbana. A seguir, são descritos uma caracterização da área de estudo e a pesquisa realizada que permitiu o diagnóstico.

3.1. Caracterizando a área de estudo

Uberlândia é uma cidade localizada na região do Triângulo Mineiro do Estado de Minas Gerais distando 550 km da capital Belo Horizonte. A área do município é de 4.115,82 km² e sua população é de 532.561 habitantes (Prefeitura Municipal de Uberlândia, 2002).

É considerada um pólo industrial e tecnológico. Segundo Lemes (2005), a economia do município é fundamentada nos setores de serviços, produção e consumo, com destaque para o setor de distribuição de mercadorias.

No final da década de 80 já se verificava que o município apresentava problemas de grande concentração na área central nos aspectos demográficos como em termos de localização de atividades econômicas, provocando congestionamentos de trânsito e gerando externalidades negativas tais como, poluição ambiental (sonora e do ar) e a expansão do comércio ambulante pelas calçadas de suas principais avenidas reforçando a densificação do núcleo central.

Assim, os problemas oriundos deste processo de crescimento têm-se intensificados e as atividades de abastecimento e distribuição de produtos, sobretudo, na área central têm gerado situações de conflitos com o tráfego urbano regular do cotidiano. Por isto, este trabalho busca ser uma alternativa de equacionamento da interação do fluxo de veículos grandes e pesados com os fluxos urbanos de veículos de pequeno porte. A simples regulamentação de horários para as operações de carga/descarga, talvez, se apresentem como alternativas de curto prazo e até produzam benefícios expressivos na situação atual. Porém, é necessário que haja uma preocupação com soluções de médio e longo prazo, tais como, a regulamentação do tamanho de veículos de carga, locais de parada e horários mais favoráveis para as manobras de estacionamento e de conversões nas principais interseções.

3.2. Pesquisa Piloto

Para obter o diagnóstico da problemática dos transportes de Uberlândia foi realizada uma pesquisa, onde a própria autora fez uma entrevista junto ao responsável pela operação de carga e descarga de 25 pontos comerciais, seja ele gerente, supervisor da operação, ou outrem. A entrevista foi baseada em um questionário provido de 20 perguntas relacionadas ao objetivo principal desta pesquisa que é identificar as características da demanda da operação carga/descarga, características dos pontos comerciais e dos veículos responsáveis pela movimentação da carga urbana na área central da cidade.

Os pontos comerciais pesquisados são constituídos por lojas de departamento, eletrodomésticos, de serviços, lanchonetes, supermercados, floriculturas, livrarias e papelarias e farmácias, situadas no quadrilátero João Pinheiro – Cesário Alvim (avenidas) e Goiás – Ituitaba (ruas). Esta amostra é representativa dos tipos de usos dos pontos comerciais existentes.

Dos 25 pontos comerciais entrevistados, somente 17 puderam ser considerados devido à falta de informações necessárias para a análise dos dados global. De posse dos dados e após uma análise, verificou-se que Uberlândia mesmo sendo considerada uma cidade de porte médio apresenta problemas relacionados ao sistema de transporte em grau elevado.

Observa-se que somente 2 pontos comerciais apresentam terminal de carga próprio e que todos utilizam o meio fio como estacionamento para a operação de carga/descarga. Dos 17 pontos comerciais, 70,59%, ou seja, 12 afirmaram que o estacionamento destinado para carga/descarga não é suficiente e que têm dificuldade para estacionar. Todos os pontos comerciais apresentam entregas semanais e 10 deles com frequência acima de 4 vezes na semana. Ou seja, confirmam a alta movimentação de veículos de carga nas áreas urbanas. Os

veículos de 7 pontos comerciais já se envolveram em acidentes, sendo 5 deles próximos a área de carga/descarga. O tipo de veículo que realiza a entrega das cargas na área central varia muito, porém 9 pontos comerciais utilizam caminhões grandes.

Os dados da pesquisa nos permitiram determinar quais as lojas que seriam utilizadas no método deste estudo. A escolha foi pelas lojas de departamento e de varejo por estas apresentarem características de armazenamento, transporte, e manipulação na operação de carga/descarga homogêneas, o que facilita a operação de um terminal logístico e de todo seu processo envolvido.

4. METODOLOGIA

Com um mapa georeferenciado da cidade fornecido pela Prefeitura Municipal de Uberlândia e com auxílio de ferramentas do software TransCAD construiu-se a rede de trabalho de forma a conectar os terminais logísticos urbanos candidatos e os pontos comerciais. Para a configuração da rede utilizou-se o Guia Sei, que é uma lista de endereços e telefones residenciais e comerciais da cidade, onde se encontram alguns dados das vias, e também realizou-se uma pesquisa *in solo* para verificação de alguns dados e obtenção de outros, como sentido de fluxo, velocidade, etc.

Para alocar os pontos comerciais foram feitas algumas considerações. O objetivo era cobrir os quadriláteros: João Pinheiro – Cesário Alvim e Santos Dumont – Coronel Antônio Alves Pereira, que é a área definida como Área Central de Uberlândia e João Pinheiro – Cesário Alvim e Coronel Antônio Alves Pereira – Ituiutaba, que é definida como Área Central Estendida. Esta denominação se refere à interferência direta dos problemas e impactos advindos da área central. A Figura 1 mostra esses quadriláteros.

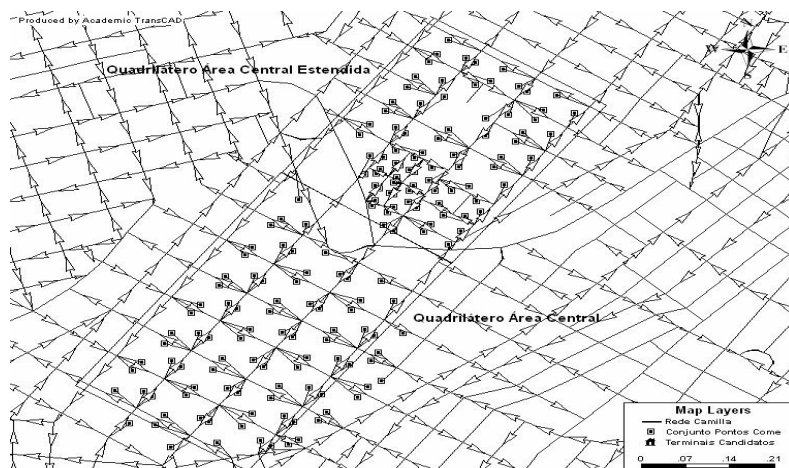


Figura 1: Quadriláteros área central e área central estendida

Das pesquisas realizadas, 11 se referenciam aos pontos comerciais do tipo varejo e departamento, que é de interesse neste trabalho. O Guia Sei mais uma vez foi utilizado no

levantamento de todas as lojas de varejo e de departamento presentes nestes dois quadriláteros, que têm um total de 4 avenidas, 16 ruas e 43 quadras. Para representação no mapa, os pontos comerciais foram agrupados em conjuntos de pontos comerciais por lateral de quadra, tomando-se o cuidado para que fossem alocados no lado da via em que realmente se encontram, de forma que não alterassem nenhum resultado.

Os dados dos pontos comerciais pesquisados foram considerados como referência para os outros não pesquisados, sempre atentando para dados que são fundamentais para a caracterização do ponto comercial e suas cargas, como por exemplo, o tipo de ponto comercial, o tipo de carga transportada, o tipo de veículo utilizado no transporte, peso e/ou volume de cargas. Na caracterização dos pontos comerciais utilizou-se a demanda diária total das cargas - em toneladas. Essa demanda diária foi obtida através do processamento dos dados da Pesquisa Piloto com o auxílio de planilhas eletrônicas.

É relevante destacar que a localização dos pontos comerciais do tipo varejo e departamento e suas respectivas demandas diárias comprovam a escolha dos quadriláteros.

A organização espacial dos terminais logísticos urbanos neste trabalho levou em conta os seguintes aspectos: proximidade às principais vias urbanas e rodovias; ausência de construções vizinhas próximas; disponibilidade de espaço necessário para o projeto; áreas características para a instalação deste tipo de construção; disponibilidade de rede de esgoto, água e telecomunicação; características geográficas e topológicas do local; áreas sem restrições de movimentação de veículos pesados durante todo o dia.

Após a definição dos critérios considerados relevantes, os locais potencialmente candidatos a terminais foram alocados em áreas circundantes à área urbana. Na Figura 2, tem-se a rede de trabalho e a localização dos pontos comerciais e dos terminais candidatos.

Produced by Academic TransCAD



Figura 2: Mapa de Uberlândia com terminais candidatos e pontos comerciais localizados

4.1. Aplicação do Modelo

A aplicação do Modelo de Localização de Instalações neste estudo refere-se aos procedimentos contidos no manual Routing and Logistics with TransCAD 4.0 da CALIPER (1996b).

A matriz de custo de serviço é a entrada primária ao procedimento de localização de facilidades. Esta matriz deve incluir todas as instalações existentes e candidatas, e todos os clientes que serão servidos pelas instalações. Em geral, cria-se a matriz de custo de serviço calculando o tempo ou a distância entre cada instalação e cada cliente. O programa cria a matriz baseada na rede de trabalho, considerando cada característica de origem e destino com o ID, que é o campo na base de dados que identifica cada objeto do mapa, do nó da rede mais próximo a cada instalação e cada cliente.

Para solucionar o problema de localização de instalações, é preciso determinar seu objetivo: minimizar custos, maximizar lucros, ou outras opções. A escolha do objetivo irá determinar todo o procedimento do modelo, porque dependendo do objetivo selecionado, algumas opções ficam inabilitadas.

Escolhemos como objetivo minimizar o custo médio de serviço, que fornece o melhor nível de serviço global aos clientes, sem se preocupar se um serviço a um cliente particular é muito pior que a média.

Para este objetivo, o TransCAD permite indicar o número de instalações que se deseja localizar ou o próprio programa pode determinar o número de instalações que é requerida para que este objetivo seja satisfeito. Para esta segunda opção é necessário inserir um valor de restrição, ao qual o número de instalações requeridas irá trazer o custo médio de serviço abaixo deste. Neste trabalho, realizaram-se as rotinas apenas com a primeira opção.

Após estas determinações pode-se realizar o procedimento do modelo pela caixa de Localização de Instalações, onde mais algumas considerações são necessárias. Para a camada de instalações, é preciso especificar qual é a camada das instalações candidatas; dentre estas, quais serão consideradas; se há instalações existentes e o custo fixo – dado necessário somente quando o objetivo é maximização de lucros. E para a camada dos clientes, deve-se especificar a camada, quais clientes serão considerados e um fator peso relacionado ao atendimento a estes clientes.

Quando se usa o Modelo de Localização de Instalações para adicionar um número fixo de instalações, o algoritmo trabalha em dois estágios:

- Identifica um conjunto de localização de instalações inicial usando uma heurística “gulosa”;
- Tenta melhorar o conjunto inicial de locais ao trocar candidatos com instalações escolhidas numa base pareada até nenhuma melhora poder ser feita.

Uma heurística gulosa escolhe o próximo melhor local ao avaliar todos os candidatos e selecionar o que melhor alcança a função objetiva.

O programa ao final de cada resultado gerado, apresenta duas saídas primárias do procedimento de localização de instalações:

- A localização das novas instalações;
- A alocação de clientes às instalações.

O modelo de localização de instalações cria um novo conjunto de seleção na camada das instalações para identificar o resultado gerado pelo problema. Este conjunto de seleção é nomeado de *New Facilities*, e é sempre um subconjunto dos elementos que foram incluídos no conjunto de locais candidatos. A tabela de alocação de clientes contém um registro para cada cliente, e indica a instalação a qual cada um é alocado e o custo de serviço desse cliente. Esta tabela é automaticamente unida à camada de clientes e exibida numa vista de dados (*dataview*).

5. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta as simulações realizadas usando como variáveis de análise a distância e a tonelagem.

Tabela 1: Resultados da geração das rotinas das variáveis distância e tonelagem

| Rotina | Locais selecionados como terminais urbanos de carga | | | | | | | |
|--------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Local 1 | Local 2 | Local 3 | Local 4 | Local 5 | Local 6 | Local 7 | Local 8 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | 0 |
| 4 | 0 | - | 1 | 0 | 0 | - | 0 | 0 |
| 5 | 0 | - | - | 0 | 1 | - | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

A Tabela 2 apresenta as rotinas com os conjuntos de seleção criados para as rotinas como variáveis de análise a distância e tonelagem.

Tabela 2: Conjuntos de seleção dos pontos comerciais para rotinas Tabela 1

| Rotina | Pontos Comerciais 1 a 87 | Pontos Comerciais 88 a 168 |
|--------|--------------------------|----------------------------|
| | Centro | Centro Estendido |
| 1 | X | X |
| 2 | X | X |
| 3 | X | X |
| 4 | X | X |
| 5 | X | X |
| 6 | X | - |
| 7 | - | X |

Tabela 3: Custo mínimo entre instalações e clientes para rotinas geradas

| Custo diário (ton km) | Locais selecionados | | | |
|--------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Local - 2 | Local - 3 | Local - 5 | Local - 6 |
| Total | 5.870,30 | 6.902,83 | 8.374,86 | 5.716,15 |

Na Tabela 1, o valor 1 indica o local candidato como solução ótima à instalação do terminal, no caso contrário, tem-se o valor zero. As demais alternativas identificadas pelo traço não

foram consideradas. A Tabela 2 apresenta os conjuntos de seleção dos conjuntos dos pontos comerciais, onde o X indica participação na geração da rotina enquanto que o traço identifica a exclusão. As rotinas foram geradas sequencialmente, como aparecem nas Tabelas acima. A escolha pela participação ou não de uma instalação candidata e do conjunto de pontos comerciais na geração da rotina está diretamente relacionada ao resultado obtido na rotina anterior. Ao final de cada rotina, o programa fornece uma base de dados com a identificação do cliente, no caso, o conjunto dos pontos comerciais (*Client ID*), a identificação da instalação, neste caso, os locais candidatos à localização dos terminais (*Facility ID*) e o custo mínimo (*Min Cost*) obtido pelo produto entre a distância percorrida e a tonelagem diária movimentada entre as instalações e conjunto dos pontos comerciais.

Os valores que estão apresentados na Tabela 3 indicam que na rotina 1, o Local – 6 foi selecionado como a alternativa ótima considerando as variáveis de análises distância e tonelagem, excluindo o Local – 6, a melhor localização é o Local – 2. Excluídos os Locais 2 e 6, o Local – 3 é o mais viável e, em seguida, excluindo os Locais 2, 3 e 6, o Local 5.

6. CONCLUSÕES

Apesar de ter sido simulado várias possibilidades de localização e combinação dentre os locais selecionados, o programa identificou o Local 6 como a solução ótima para o terminal urbano de carga entre os locais candidatos considerando as variáveis de análises distância e tonelagem. Isto comprova que o método utilizado pode ser útil na tomada de decisão para o problema de localização.

Quando foi determinado ao programa que fornecesse duas localizações como solução ótima entre os locais candidatos, o programa identificou o Local 2 e o Local 6. Uma análise das Tabelas 1 e 2, nas rotinas 6 e 7 mostrará que este resultado está relacionado à localização dos conjuntos de pontos comerciais em quadriláteros, ou seja, é a solução ótima encontrada para o quadrilátero da área central estendida e do quadrilátero da área central, respectivamente.

Acredita-se que a avaliação do problema proposto considerando outros critérios para análise, como a capacidade, tamanho das instalações, e o custo da movimentação da carga no sistema logístico como variável da matriz de custos permite obter um resultado mais consistente.

É relevante lembrar que alguns critérios foram estimados ou considerados hipoteticamente, o que pode influenciar nos resultados. Entretanto, a aplicação permitiu validar a metodologia referente ao problema de localização de instalações com o emprego do programa TransCAD, destacando o seu desempenho como uma ferramenta importante de análise para os principais problemas de transporte urbano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTP (1998) A escolha dos caminhos do Brasil. Revista dos Transportes Públicos 80, pp. 7-24.
- BALLOU, R. H. (2001) *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos – Planejamento, Organização e Logística Empresarial*. 4th ed. Bookman.
- CALIPER (1996a) TransCAD Transportation GIS Software. User's Guide. Version 4.5. Caliper Corporation, Newton, EUA.
- CALIPER (1996b) TransCAD Transportation GIS Software. Routing and Logistics with TransCAD 4.0. Caliper Corporation, Newton, EUA.
- CÂMARA, G. et al. (1996) Anatomia de sistemas de Informação Geográfica. Campinas, Unicamp.

- CRAINIC, T. G. et al (2004) *Advanced freight transportation systems for congested urban areas*. Disponível em: www.sciencedirect.com. Transportation Research Part C 12 (2004) 119 – 137. Acesso em: março de 2005.
- DUTRA, N. G. S. et al. (2003) Uma análise sobre os problemas enfrentados e as práticas adotadas no transporte urbano de cargas. *Anais do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Rio de Janeiro, v. 2. p. 1239-1250.
- DUTRA, N. G. S.; NOVAES, A. G. N. (2005) Distribuição de encomendas em centros urbanos baseada no enfoque de “City Logistics”. *Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife, Pernambuco, v. 2. p. 1724-1735.
- LEMES, D. (2005) Geração e Análise do Cenário Futuro como Instrumento do Planejamento Urbano e de Transportes. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.
- LIMA, A. C. B. et al. (2005) Considerações sobre a implantação de centros de distribuição de carga em centros urbanos: caso do centro de Fortaleza. *Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife, Pernambuco, v. 2. p. 1701-1712.
- NOBRE, V. C. S.; DUTRA, N. G. S. (2005) Contribuição das parcerias público privadas na melhoria do transporte urbano de carga. *Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife, Pernambuco, v. 2. p. 1765-1776.
- OGDEN, K.W. (1992) *Urban goods movements: a guide to policy and planning*. 1th ed. Cambridge: Ashgate.
- 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 XI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Fortaleza, v.2 p. 10-17.
- ROMERO, B. C.; GUALDA, N. D. F. (2005) Análise de localização de Plataformas Logísticas: aplicação ao caso do ETSP e da CEAGESP. *Anais do XIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife, Pernambuco, v. 2. p. 1688-1698.
- SOARES, B. R. (1995) Uberlândia: da Cidade Jardim ao Portal do Cerrado – imagens e representações no Triângulo Mineiro. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo.
- TANIGUCHI, E. et al (2001) *City Logistics: network modelling and intelligent transport systems*. 1th ed. Amsterdam: Pergamon.
- THOMPSON, R. G. (2003) Auslink Green Paper Submission, Freight and Logistics Group, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Melbourne. Disponível em: http://www.dotars.gov.au/transinfra/auslink/pdf/tertiary_ed_and_research/Russell_G_Thompson.pdf.
- UBERLÂNDIA. Prefeitura Municipal de Uberlândia (2004) Banco de dados integrados. Uberlândia. Minas Gerais. Disponível em: http://www.uberlandia.mg.gov.br/ecompany/srvConteudoArq?id_conteudo=13810>. Acesso em: 28 set. 2005.
- YANG, Z. et al. (2005) *Optimizing the scale and spatial location of city logistics terminals*. Disponível em: <<http://www.easts.info/on-line/journal_06.htm>>. Acesso em: 13 de março de 2006.

Endereço dos autores:

Escola de Engenharia de São Carlos, Depto. de Transportes
Av. Trabalhador São-carlense, 400 – Centro
13560-590 – S. Carlos, SP, Brazil

(16) 3373-9613

E-mail: emaguiar@sc.usp.br
cacarrara@yahoo.com.br

Faculdade de Engenharia Civil
Universidade Federal de Uberlândia
Av. João Naves de Ávila, 2160 - Sta. Mônica
38.408-100 – Uberlândia, MG, Brazil
E-mail: cafarina@ufu.br

Fone: (34) 3239-4170 ramal 218
E-mail: cafarina@ufu.br