

EXPLORANDO RECURSOS DE UM SIG-T PARA AVALIAÇÃO DO LAYOUT DE TERMINAIS DE TRANSPORTE

Lucas Fernando Vaquero Roviriego

Vitor Borges da Silva

Antônio Néelson Rodrigues da Silva

Departamento de Transportes

Escola de Engenharia de São Carlos

RESUMO

Muitos terminais de transporte apresentam falhas de projeto que comprometem o seu funcionamento. Como uma alternativa para este problema, o propósito deste trabalho é apresentar uma ferramenta que auxilie no planejamento do *layout* de um terminal de passageiros pela avaliação do fluxo dos pedestres no seu interior e nas suas imediações. O estudo baseia-se na hipótese que a efetiva representação dos fluxos dos pedestres de um terminal propicia uma análise visual da interferência do *layout* no comportamento dos usuários. A proposta é facilitada pelo fato de que recentemente alguns programas, como os SIGs, começaram a oferecer ferramentas para investigar os movimentos dos pedestres, onde as rotas dos pedestres e conseqüentes paradas podem ser gravadas como partes de um sistema de rotas específico. Para exemplificar a aplicação dessa ferramenta, analisou-se o caso específico do terminal rodoviário da cidade de São Carlos, e os resultados são discutidos neste trabalho.

ABSTRACT

Many transportation terminals suffer with disturbances in their operation resulting from design flaws. As an alternative to this problem, the purpose of this paper is to introduce a layout planning tool to be used in the evaluation of pedestrian flows within and around passenger terminals. The study is based on the assumption that an effective representation of pedestrian flows in a terminal allows a visual analysis of the interference produced by the layout in the users' behavior. The approach is supported by the fact that some computer programs recently started to offer tools that can be used to thoroughly investigate pedestrian movements. That is the case of some GIS packages, for instance, in which pedestrian routes and stops can be recorded as parts of a specific route system. In order to provide an example of the tool application, the particular case of São Carlos interurban passenger terminal was analyzed and the results discussed in this paper.

1. INTRODUÇÃO

Para promover o transporte de um objeto entre dois pontos no espaço, é em geral necessária a implantação de um sistema de transporte. Sistemas de transportes são formados por quatro componentes funcionais: veículos, vias, terminais e plano de operações, sendo os terminais de transporte os locais onde as viagens começam e terminam. Além disso, quando mais de uma modalidade de transporte é requerida para a realização de uma viagem, o transbordo, ou a mudança de modo, ocorre sempre num terminal. Os terminais podem ser edifícios especialmente projetados e construídos com este fim, ou podem ser simplesmente locais pré-determinados onde as viagens se iniciam ou acabam.

Atualmente, observa-se que muitos terminais apresentam falhas que comprometem o seu funcionamento. Isso quer dizer que ao serem concebidas tais instalações, não se levou em conta o aspecto mais importante da obra, que é exatamente o de servir ao usuário final de forma adequada. Segundo Daamen e Hoogendoorn (2003), a maneira tradicional de se projetar estações de transferência é baseada em regras práticas que advêm de experiências passadas, no que diz respeito ao comportamento dos passageiros. Entretanto, elas só consideram situações estáticas. Para Subprasom *et al.* (2002) a mais significativa deficiência dos métodos utilizados atualmente, como o método baseado no Nível de Serviço para pedestres proposto pela ICAO (*International Civil Aviation Organization*), é que esses métodos não estão associados aos custos de construção, operação e manutenção do terminal,

nem tão pouco às expectativas dos passageiros (custos do usuário). Esse tipo de falha gera em longo prazo custos não previstos no projeto inicial, como gastos em rearranjos, demolições e reconstruções de estruturas, além do custo do tempo despendido devido à ineficiência operacional.

Para se planejar um terminal, alguns objetivos principais devem ser definidos, como os descritos por Tompkins e White (1984) para uma instalação qualquer. Esses objetivos, adaptados para um terminal de transportes, são:

- Prover a segurança e a satisfação de passageiros, visitantes e todos aqueles que direta e indiretamente trabalham no terminal;
- Dar suporte para que as operações essenciais de transporte sejam realizadas de modo satisfatório;
- Utilizar os espaços, equipamentos, a energia e as pessoas de forma efetiva e eficiente;
- Projetar ambientes flexíveis e de fácil manutenção;
- Minimizar o capital investido.

De forma a atingir estes objetivos, os seguintes procedimentos também adaptados de Tompkins e White (1984), podem ajudar os planejadores a projetar o terminal:

- Definir o propósito do terminal;
- Especificar as atividades primárias e de suporte necessárias para o cumprimento do propósito;
- Determinar as inter-relações entre as atividades;
- Determinar o espaço necessário para as atividades;
- Gerar alternativas de *layout*;
- Avaliar as alternativas de *layout*;
- Selecionar uma alternativa de *layout*.

Como o objetivo deste trabalho é explorar o uso de uma ferramenta que auxilie na avaliação e, por consequência, no planejamento do *layout* de um terminal de passageiros, assume particular relevância o problema da determinação do espaço para as atividades. No entanto, o arranjo físico detalhado dos processadores e amenidades não é menos importante, o que envolve o planejamento da quantidade, forma e localização interna de cada item. Estes elementos geram problemas de *layout* tanto de natureza estática (filas, por exemplo) como dinâmica (cruzamento de fluxos, por exemplo). Por este motivo, é importante analisar o fluxo dos pedestres.

A *representação dos fluxos* dos pedestres dentro de um terminal propicia uma análise visual da interferência do *layout* no comportamento dos usuários. Em um dos poucos trabalhos que tratam do tema, Waerden *et al.* (2002) afirmam que o comportamento das rotas dos pedestres não é apenas influenciado pela distância ou tempo de caminhada. Também outros elementos do meio (como o pavimento, vegetação, e até mesmo as fachadas dos imóveis lindeiros) e características do sistema de transporte podem ter seu papel neste contexto. Para estudar esta influência, a disponibilidade de ferramentas para armazenar e analisar rotas e calcular os valores desses elementos é essencial. O que aqui se sugere é que os Sistemas de Informação Geográfica específicos para transportes (como o TransCAD, por exemplo) podem oferecer estas ferramentas (Caliper, 1996).

Os SIGs podem representar tanto situações complexas, como os sistemas urbanos, quanto problemas em menor escala, como o proposto neste trabalho, onde se faz uso do SIG TransCAD para análise do caso específico do *layout* do terminal rodoviário da cidade de São Carlos, SP. Para isto, esse trabalho está organizado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada uma revisão bibliográfica prévia sobre os assuntos relevantes para o estudo, na seção 3 o uso de um SIG na análise do *layout* de um terminal é abordado (aplicado ao terminal rodoviário de São Carlos), na seção 4 são mostradas algumas análises e resultados da aplicação. Na seção 5 são apresentadas as conclusões e sugestões para novos trabalhos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesse item será apresentada uma sucinta revisão bibliográfica que dará suporte às avaliações propostas neste artigo. Serão abordados: o planejamento do *layout* de terminais, a movimentação de pedestres em terminais e métodos de coleta de informações sobre pedestres.

2.1. Planejamento do *layout* de terminais

No que concerne ao dimensionamento da área necessária em terminais de passageiros, Subprasom *et al.* (2002) citam os vários métodos empíricos das agências administrativas americanas, como a *National Fire Protection Association – NFPA* (1993), *International Air Transport Association – IATA* (1995), *Federal Highway Administration – FAA* (1988) e especialistas da indústria. Para Saffarzadeh e Braaksma (2000), que fazem menção a um terminal aéreo de passageiros, a aplicação desses métodos em modelos gráficos ou simuladores permite a determinação dos espaços usando o fluxo específico na hora pico e padrões de nível de serviço. Outros autores, como Mumayiz e Ashford (1986), Mumayiz (1990) e Gulewicz e Browne (1990), também utilizam ferramentas de otimização e simulação para a determinação do melhor projeto para terminais de passageiros.

Esses métodos amplamente utilizados combinam padrões de espaço individual (especificados pelo setor industrial) e a demanda projetada para o terminal. Os padrões de espaço individual são estimados em função da expectativa de nível de serviço percebido, enquanto que a demanda projetada parte da previsão de lotação pico de passageiros. A área necessária é portanto função desses dois fatores.

O conceito de nível de serviço para dimensionar corredores e áreas de circulação mencionado é proposto por Fruin (1971), e baseado na teoria fundamental de fluxo de tráfego. Usando dados empíricos da cidade de Nova York, Fruin (1971) postulou que o fluxo de pedestres pode ser modelado similarmente ao fluxo de veículos. O conceito de nível de serviço também foi aplicado para analisar o grau de multidão em áreas de acúmulo, como calçadas, plataformas e outras áreas de espera em terminais de passageiros. Embora os pedestres esperem temporariamente nessas áreas para serem atendidos, os padrões de espaço recomendados são os mesmos das situações dinâmicas, salvo algumas modificações.

Para Subprasom *et al.* (2002), esses padrões de nível de serviço apresentam algumas deficiências. Uma delas, conforme Seneviratne e Javid (1994), é que os princípios do fluxo de veículos, sob os quais os níveis de serviço são definidos, não correspondem exatamente ao fluxo de pedestres. As necessidades dos pedestres são variadas, o que gera incerteza de quando devem ser usados os níveis de serviço B, C ou D. Outros autores, como Cunningham e Cullen (1993), partilham da mesma idéia e descrevem que fatores ambientais influenciam no ato de andar, e conseqüentemente no nível de serviço percebido. Esses fatores influenciam

diretamente no *layout* do terminal, pois são eles que determinam a satisfação do pedestre, uma das premissas da construção do terminal. São eles:

- Conforto: controle de temperatura e proteção ambiental, assim como decoração e provisão de outras amenidades;
- Conveniência: distâncias de caminhada curtas, rotas diretas, rampas, condição e tratamento de superfícies, serviços de carregamento de bagagem, esteiras e escadas rolantes, sinalização direcional, mapas de situação, e outros aspectos que fazem o pedestre locomover-se mais facilmente;
- Segurança (quanto a acidentes): separações entre os próprios pedestres e entre os pedestres e o tráfego de veículos; horizontalmente em arcadas ou áreas de acesso aos veículos, e verticalmente usando pontes e passagens subterrâneas. O tempo de evacuação e a existência de áreas de segurança contra incêndio são obviamente questões de primeira importância;
- Segurança (quanto a roubos): iluminação, circuito fechado de televisão, controle do grau e tipo de atividade;
- Economia: custos associados ao atraso e inconveniência das viagens, além da construção, operação e manutenção de infra-estruturas para pedestres.

Um outro ponto de vista para o *layout* de terminais pode ser a orientação visual dos pedestres, como abordado por Modak e Patkar (1984). Para os autores, o objetivo do projeto interno de um terminal de transportes é minimizar a desorientação e confusão dos passageiros quando chegam ao terminal. Para Zacharias (1993), isto é essencial, pois mesmo uma sinalização cara e elaborada adicionada às áreas públicas mais freqüentadas, na tentativa de atrair os pedestres para as seções menos visitadas, não resolve problemas básicos de *layout*.

2.2. Movimentação de pedestres em terminais

A movimentação de pedestres em terminais de passageiros, estações de transferência, corredores, escadas rolantes e outras instalações destinadas ao uso de pedestres têm sido motivo de inúmeras investigações. A pesquisa de Fruin (1971) citada anteriormente, por exemplo, transformou-se em padrão para muitos projetos subsequentes e planos de operações de edifícios (Still, 2000). Geralmente, os dados utilizados nesses modelos são macroscópicos, o que significa que eles descrevem as características do fluxo ao invés das características dos pedestres individualmente.

Para Cunningham e Cullen (1993), os modelos de previsão de movimentos de pedestres podem determinar, qualitativa e quantitativamente, os méritos de cenários alternativos. Em termos quantitativos, eles podem expressar os custos do tempo que usuários irão experimentar em cada cenário. Em termos qualitativos eles podem expressar níveis de congestionamento que serão experimentados, e então descrever alternativas em termos de nível de conforto e de segurança.

Daamen e Hoogendoorn (2004) citam que a maioria das pesquisas teóricas são baseadas em observações e funcionam como base para o desenvolvimento de modelos de simulação. Segundo Helbing *et al.* (2003), estudos empíricos sobre pedestres já se estendem por mais de quatro décadas. Os métodos de avaliação são baseados em observações diretas, fotografias e vídeos. Os estudos empíricos sobre pedestres são divididos em: investigações de comportamento; desenvolvimento de conceito de Nível de Serviço (Fruin, 1971); projeto de

elementos de instalações para pedestres; e diretrizes de planejamento de instalações de pedestres (TRB, 1985).

As simulações de pedestres dividem-se em duas categorias principais: comportamentais e modelos de movimento. Os modelos comportamentais são essencialmente de dois tipos: modelos conceituais que incluem as ações observadas, empíricas e relatadas dos indivíduos em estudos de questionários e modelos computacionais para a simulação do comportamento dos indivíduos no que diz respeito à busca e processamento de informação (Still, 2000). Os modelos comportamentais dividem-se em: modelos de filas (Løvås, 1994); modelos de matriz de transição; e modelos estocásticos.

Løvås (1993) apresenta uma simulação que pode ser usada para avaliar a performance das vias de pedestres em estações de metrô, *shoppings*, calçadas urbanas, etc, focando no comportamento humano e no movimento dos pedestres em situações de evacuação. Ainda é apresentado um modelo estocástico baseado na hipótese de que qualquer instalação para pedestres pode ser modelada como uma rede de passagem.

Simulações por modelos de movimento se dividem em duas categorias principais: os sistemas fluidos ou de partículas e os sistemas baseados em matrizes (Still, 2000). Modelos de movimento podem ser: modelos de semelhança do comportamento de pedestres com gases ou fluidos; modelos de autômatos celulares (Blue *et al.*, 1997); modelos para o comportamento de escolha de rotas dos pedestres (Waerden *et al.*, 2002, Daamen e Hoogendoorn, 2003 e 2004, e Zacharias, 1993).

No contexto do projeto de instalações para pedestres, mais especificamente terminais de transporte, as redes de transporte se mostram como uma ferramenta poderosa, uma vez que a utilização, e por consequência, o nível de serviço de cada arco desta rede, podem ser analisados. Desta forma, problemas de acúmulos em torno dos arcos podem ser identificados e as influências da arquitetura nesses arcos podem ser avaliadas. Interessantes resultados podem ser obtidos a partir desse tipo de análise. Zacharias (1993), que analisou um grande mercado em Montreal, cita que a grande maioria das rotas dos pedestres em seu estudo eram simples, voltas econômicas ou linhas retas deformadas pelo desenho do corredor e muito pouco adaptadas às complexidades sugeridas no *layout*. Neste sentido, Waerden *et al.* (2002) acrescentam que as rotas dos pedestres podem se dirigir por diferentes ruas e cruzar várias quadras de um *shopping center* para seguir o caminho ótimo, que geralmente é o caminho mínimo.

2.3. Métodos de coleta de dados

Publicações recentes apontam para diferentes métodos de captura de movimentação de pedestres. Esses métodos tentam minimizar a maior dificuldade deste tipo de coleta de dados, em se tratando de movimentação de pedestres, que é exatamente a facilidade do pedestre transpor obstáculos, caminhar em variados tipos de vias, com características totalmente diferentes umas das outras, e com isso determinar rotas variadas.

Zacharias (1993) utiliza em seu trabalho um método denominado de *tracking*. Para executar o método, os pesquisadores seguiram visitantes de um mercado, observando rotas, paradas, velocidade e tempo gasto em várias atividades e lugares. Um trabalho semelhante foi desenvolvido por Waerden *et al.* (2002) numa área comercial e empresarial no centro de

Montreal. Segundo estes autores, os métodos de *tracking* envolvem essencialmente o mapeamento detalhado do comportamento espacial pela observação a uma determinada distância, suficientemente afastada para que os pedestres não percebam o pesquisador.

Para complementar sua coleta de informações, Zacharias (1993) também utiliza questionários, onde os visitantes são selecionados randomicamente e perguntados sobre certas características do ambiente, principalmente os elementos de atração daquele mercado, para com isso traçar perfis socioeconômicos, além de descobrir como eles haviam chegado até lá. Várias áreas também foram filmadas dentro do mercado para observar como os espaços públicos são usados, onde as pessoas andam e como elas lidam com multidões e obstáculos.

Outros métodos de coleta de dados de deslocamento de pedestres são discutidos em Cunningham e Cullen (1993), Makris e Ellis (2002), Masoud e Papanikopoulos (2001), Okamoto *et al.* (2003) e Zhao e Shibasaki (2003). Os primeiros autores fizeram em seu trabalho a coleta dos dados em duas fases: a primeira teve o intuito de medir a relação velocidade-fluxo dos pedestres em diferentes instalações; a segunda envolveu a coleta do tempo de jornada por fluxo volumétrico nas estações estudadas, com o intuito de se construir e calibrar um modelo de simulação de fluxos. A coleta foi feita inicialmente usando métodos manuais de registro. Em seguida um novo método utilizando *data loggers* manuais foi introduzido, o que tinha como vantagens a introdução de rotinas estatísticas contidas nos próprios *loggers*, além da melhor precisão alcançada pelos equipamentos eletrônicos.

Ainda no que diz respeito ao uso de novas tecnologias para coleta de dados, Makris e Ellis (2002) desenvolveram um modelo de captura de rotas de pedestres por meio de câmeras ligadas a computadores, onde as rotas dos pedestres são armazenadas através de redes com arcos e nós. Masoud e Papanikopoulos (2001) descrevem métodos e problemas relacionados ao reconhecimento de pedestres por meio da captura de imagens com câmeras de vídeo, como sobreposição de câmeras e oclusão dos pedestres. Okamoto *et al.* (2003) demonstram técnicas de rastrear as rotas de pedestres usando tecnologias de comunicação móvel, como as de GPS e telefonia móvel. Zhao e Shibasaki (2003) propõem uma nova técnica de se rastrear pedestres em grandes áreas usando detectores a laser. A eficiência na obtenção da geometria do objeto investigado, o grande alcance e o baixo preço do equipamento são algumas das vantagens citadas pelos autores.

Para a coleta de dados desse trabalho foi adotado o método de *tracking*, tal como em Zacharias (1993) e Waerden *et al.* (2002), uma vez que este é um método eficiente e que não requer tecnologias indisponíveis para os autores no momento da pesquisa.

3. USO DE UM SIG PARA A ANÁLISE DO LAYOUT DE TERMINAIS

Os SIGs são programas de computador que permitem a combinação de bancos de dados alfanuméricos com imagens espaciais ou geográficas (Silva, 1999). Waerden *et al.* (2002) exploraram em seu estudo as possibilidades que os SIG oferecem para guardar e analisar rotas e dados relativos a elas, dado que alguns destes programas oferecem ferramentas que permitem investigar os movimentos dos pedestres. As rotas dos pedestres e conseqüentes paradas podem ser gravadas como partes de um sistema de rotas específico, que também inclui rotinas para gerar caminhos mínimos entre paradas sucessivas. Os sistemas de rotas também podem armazenar informações sobre paradas feitas ao longo da rota, assim como o tipo da parada (compras, espera, descanso, etc.) e a duração da parada.

Para exemplificar essa abordagem, analisou-se neste estudo o terminal rodoviário da cidade de São Carlos. O trabalho consistiu da observação das rotas de pedestres geradas pelos seus usuários, identificando a sua origem, destino e modo de transporte na sua chegada. Inicialmente, as características da amostra a ser coletada e do próprio terminal eram desconhecidas. Dessa forma, foi necessário fazer uma pré-coleta, para se levantar as seguintes informações: número médio de pessoas que chegam à rodoviária por cada entrada; modo de transporte na chegada; áreas de atração de pessoas nas imediações do terminal; áreas de acúmulo mais evidentes no sistema; pontos de passagem de pedestres que determinarão a rota; tempo de permanência no terminal; e outras observações pertinentes.

Em seguida, definiu-se uma rede interna no terminal, tomando-se o cuidado de localizar os nós em pontos de possíveis paradas e cruzamento de arcos. Para a coleta dos dados, numerou-se os nós da rede, de modo que os observadores pudessem descrever as rotas, sem dúvidas, como uma sequência de números (Figura 1). Concluída a coleta procedeu-se a uma avaliação do conjunto de rotas e suas relações com o *layout* do terminal. Não foi preocupação desse trabalho um tratamento estatístico dos dados, uma vez que a intenção principal foi demonstrar a potencialidade da ferramenta SIG como suporte na avaliação e projeto de terminais de transporte.

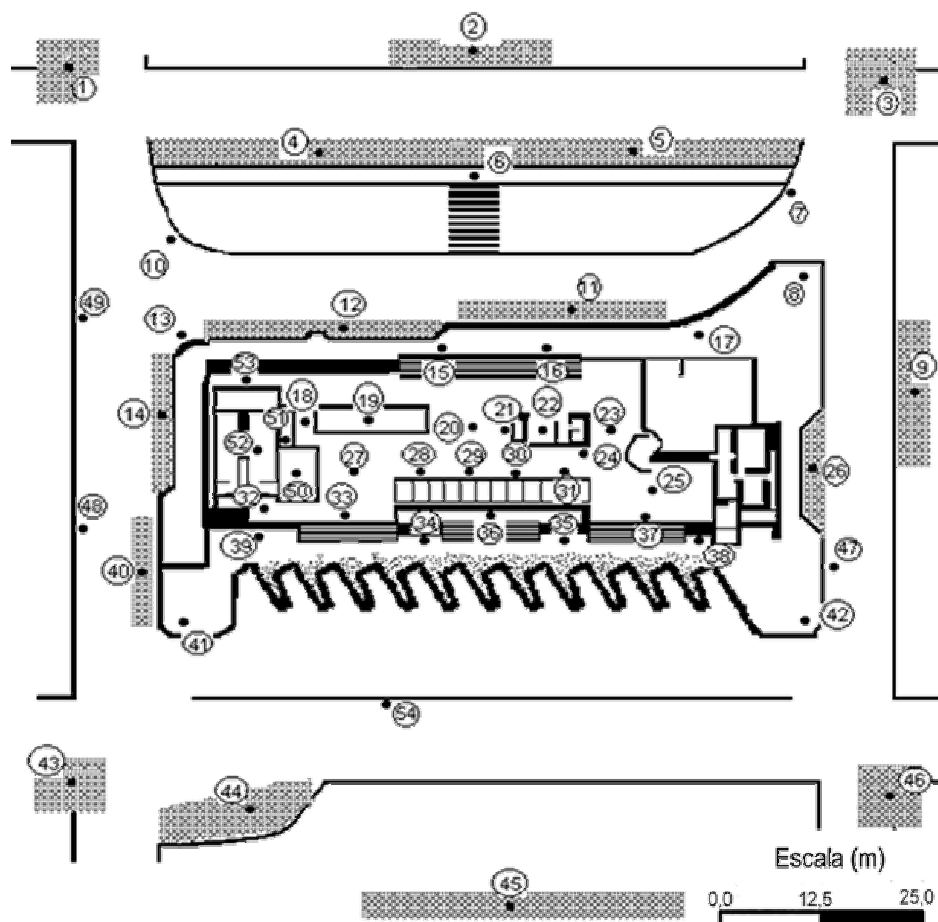
Ao fim do período de coleta de dados foram observadas 231 rotas de pedestres iniciadas e terminadas a partir dos seguintes pontos de referência: padaria (nó 43), supermercado (nó 46), pontos de ônibus urbano (nós 2, 9 e 45), lanchonete (nó 3), colégio (nó 1), estacionamentos (nós 4, 5, 14, 26 e 44), meio-fio (nós 11, 40, 47, 48, 49 e 54) e ponto de táxi (nó 12). Esses pontos foram escolhidos por representarem as entradas do terminal: entradas superiores (todas as entradas que culminam na escadaria principal do terminal); entradas laterais e entradas inferiores (pontos que dão acesso às duas escadarias inferiores do terminal).

Após a obtenção dos dados, criou-se uma rede de transportes e associou-se a esta um sistema de rotas utilizando o *software* TranCAD. Para isso foi necessária a digitalização da planta do terminal. Sobre esse desenho, a rede efetivamente utilizada pelo *software* foi criada (Figura 2). Em seguida, foram inseridas as rotas que caracterizam o fluxo de pedestres no terminal.

Utilizando a ferramenta de seleção do *software*, os pontos que representam as áreas de acúmulo mais evidentes, observadas na pré-coleta de dados, além dos pontos que representam os processadores do terminal (como guichês de passagem, plataformas de embarque, banheiros, entre outros) foram selecionados, para a obtenção e análise das rotas geradas e/ou produzidas por essas áreas.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesse item serão apresentados e discutidos alguns dos principais resultados da análise conduzida, o que permitirá apontar as vantagens que um SIG pode oferecer aos projetistas na avaliação dos fluxos dos pedestres nos processadores dos terminais. A partir das rotas geradas no terminal, diversos cenários poderiam ser analisados. Para ilustrar o tipo de análise sugerida neste trabalho, foram selecionadas duas situações onde a resposta gráfica gerada pelo *software* é bem clara para a identificação de problemas de *layout*.



Legenda

Nó 1 - Escola	Nó 19 - Lanchonete	Nó 43 - Padaria
Nós 2 e 9 - Ponto de ônibus	Nó 21 - Telefones públicos	Nó 44 - Estacionamento inferior
Nó 3 - Lanchonete	Nó 22 - Banca de jornais	Nó 46 - Supermercado
Nós 4 e 5 - Estacionamentos superiores	Nós 28, 29, 30, 31 e 51 - Guichês de passagens	Nós 48 e 49 - Estacionamentos no meio fio
Nó 11 - Meio fio (Kiss & Ride)	Nós 34, 35 e 36 - Guichês de encomendas	Nó 50 - Sala de espera
Nó 12 - Ponto de táxi	Nós 40 e 47 - Estacionamento não permitido no meio fio	Nó 52 - Banheiros
Nós 14 e 26 - Estacionamentos laterais		

Obs.: os nós 6, 7, 8, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 23, 24, 25, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 41, 42, 45, 53 e 54 são nós de passagem, necessários para a definição da rede.

Figura 1: Croquis com os nós da rede utilizada para a coleta de dados.

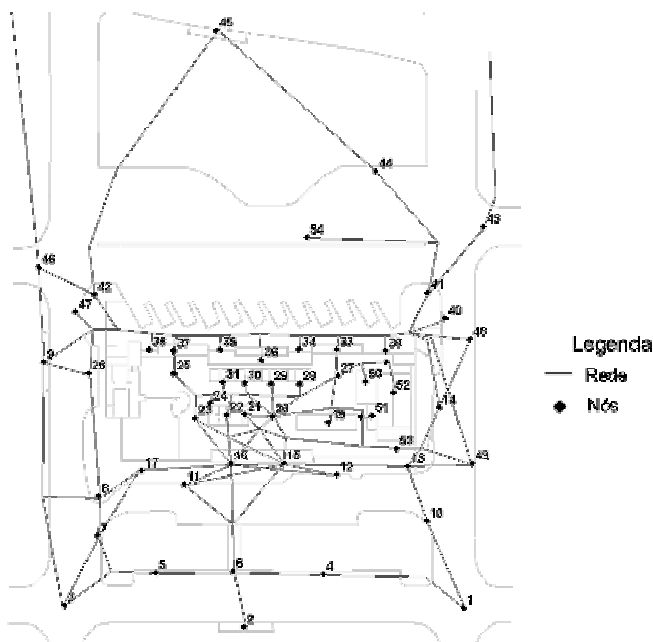


Figura 2: Rede de caminhos de pedestres no terminal

A primeira situação destacada se refere a estacionamentos não permitidos/designados ao longo do meio fio: os meios fios das ruas que dão acesso lateral ao terminal (nós 40 e 47, particularmente o primeiro) são utilizados como *Kiss & Ride* (paradas rápidas para embarque e desembarque de passageiros) ou estacionamento, embora isto não seja permitido. Analisando a Figura 3, nota-se que as rotas geradas por esses pontos se dirigem, em sua maioria, para os guichês de encomendas (nós 34, 35 e 36) ou para algumas plataformas (nós 33 e 39). Pode-se observar que existe aí um problema de *layout* e alternativas de solução podem ser geradas observando o comportamento dos usuários, como, por exemplo, a proposição de que os meios-fios laterais sejam transformados em áreas de estacionamento permitido, com acesso seguro ao terminal.

A segunda situação destacada se refere aos guichês de passagens: os 13 guichês de passagens foram divididos em cinco pontos (nós 28, 29, 30, 31 e 51), como mostrados na Figura 1. Analisando todas as rotas geradas, conclui-se que os guichês de passagens são os principais processadores do terminal, pois esses são os que possuem o maior volume de rotas geradas. Localizados numa posição central na planta do terminal, com exceção de um guichê (nó 51), essa configuração ocasiona filas no *hall* central e obstruções no corredor de circulação entre os guichês e a banca de jornal (nós 21 e 22). Analisando especificamente um grupo de 3 guichês (representados por um só nó), como exemplo da abordagem, o nó 28 (Figura 4), observa-se que as rotas por ele atraídas são, na maioria, produzidas em nós localizados na lateral esquerda do terminal (nós 3 e 46). Caso a área próxima a esses guichês apresente problemas de circulação e/ou acúmulo excessivo de pedestres, uma alternativa seria localizá-

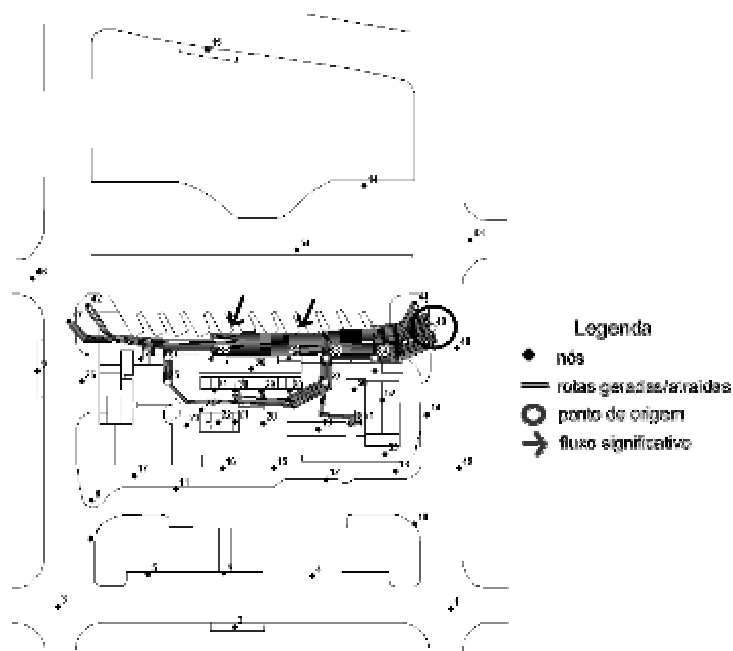


Figura 3: Rotas produzidas pelos meios-fios onde não é permitido estacionamento.

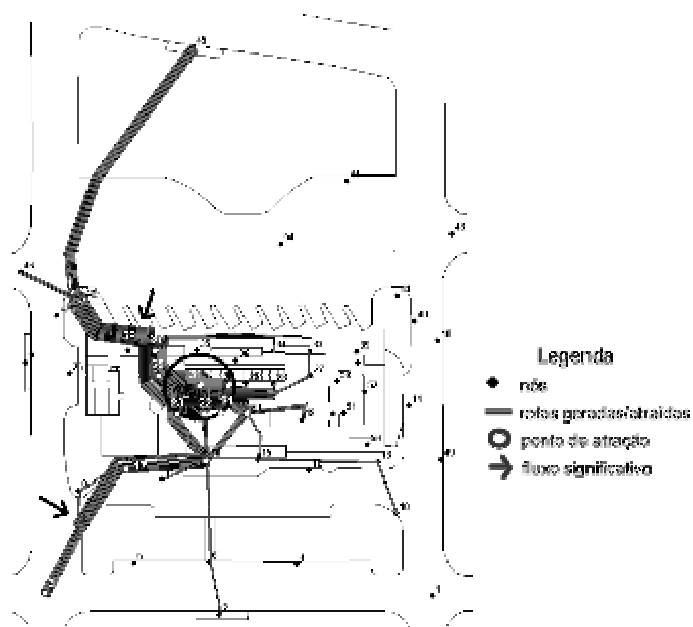


Figura 4: Rotas atraídas pelos guichês de passageiros

los na parte esquerda do terminal (próximo ao nó 23, por exemplo), reduzindo-se assim o acúmulo no saguão principal do terminal.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A utilização de um *software* de SIG para transportes mostrou-se uma ferramenta com muitos recursos para a análise de problemas de rotas, no caso de pedestres, e de definição de *layouts*. A utilização de um sistema de rotas e a visualização das rotas selecionadas por pontos de produção/atração de viagens mostra-se uma poderosa abordagem para detectar problemas de *layout* e visualização de alternativas baseadas no comportamento dos pedestres (usuários).

Fica implícito, no caso específico do estudo aqui relatado, que por se tratar de poucos observadores alguns dados não foram coletados, pois durante o período em que se fazia a coleta de uma rota, outras rotas estavam acontecendo simultaneamente sem serem computadas na pesquisa. Seria, portanto, necessário um tratamento estatístico adequado para que as rotas coletadas tivessem representatividade. Como o intuito foi de apenas testar a ferramenta, não houve preocupação com esse problema. Além disso uma observação multiperíodo seria mais adequada por poder representar os acúmulos em períodos de pico, já que nesse trabalho, os resultados apresentam observações acumuladas em todo o período de coleta.

Para o aprofundamento desse trabalho, propõe-se um enfoque analítico da influência direta de cada processador nas rotas geradas e o desenvolvimento de uma rede sintética aonde seria possível a geração de rotas diretamente ligadas às novas posições dos processadores. Com isso a ferramenta se transformaria num simulador de cenários alternativos, o que seria primordial para o caso do projeto de novos terminais (onde não seria possível obter dados *in loco*), como proposto no trabalho de Waerden *et al.* (2002).

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e do CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico através de bolsas de mestrado. Agradecem também ao professor titular da Escola de Engenharia de São Carlos, João Alexandre Widmer, pela preciosa orientação no estudo do qual se originou este artigo.

REFERÊNCIAS

- Blue, V. J., M. J. Embrechts, J. L. Adler (1997) *Cellular automata modeling of pedestrian movements*, Proceedings of SMC'97, Orlando, FL, USA, p. 2320-2323
- Caliper (1996) *Routing and logistics with TransCAD 3.0* (Transportation GIS software), Version 3.0 for use with Microsoft Windows, Caliper Corporation, MA, USA.
- Cunningham, P.P., D. A. Cullen (1993) *Pedestrian flow data collection and analysis*, Proceedings of the Institution of Civil Engineering Transportation, v. 100, n. 1, p. 59-69.
- Daamen, W., S. P. Hoogendoorn (2004) *Research on pedestrian traffic flow in Netherlands*, disponível em <www.americawalks.org/PDF_PAPE/Daamen.pdf>, acessado em 01/06/2004.
- Daamen, W., S. P. Hoogendoorn (2003) *Experimental research of pedestrian walking behaviour*, 82nd Annual Meeting at the Transportation Research Board, CD ROM.
- Federal Highway Administration – FAA (1988) *Planning and design guidelines for airport terminal facilities*, FAA Advisory Circular 150/5360-13, Washington, DC, USA.
- Fruin, J. J. (1971) *Pedestrian Planning and Design*, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Nova York, NY, USA.
- Gulewicz, V.; J. Browne (1990) *Designing an improved international passenger processing facility: A computer simulation analysis approach*. Transportation Research Record, v. 1273, p. 21-29.
- Helbing, D., L. Buzna, T. Werner, (2003) *Self-organized pedestrian crowd dynamics and design solutions*, disponível em <www.helbing.org>, acessado em 01/06/2004.

- International Air Transport Association – IATA (1995) *Airport development reference manual*, 8th ed., Montreal, Canada.
- Løvås, G.G. (1994) *Modeling and simulation of pedestrian traffic flow*, Transportation Research, Part B, v. 28B, n. 6, p. 429-443.
- Makris, D., T. Ellis (2002) *Path detection in video surveillance*, Image and Vision Computing, n. 20, p. 895-903.
- Masoud, O., N. P. Papanikopoulos (2001) *A novel method for tracking and counting pedestrians in real-time using a single camera*, IEEE-Transactions on Vehicular Technology, v. 50, n. 5, p. 1267-1278.
- Modak, S. K., V. N. Patkar (1984) *Transport terminal design and passenger orientation*, Transportation Planning and Technology, v. 9, p. 115-123.
- Mumayiz, S. (1990) *Overview of airport terminal simulation models*. Transportation Research Record, v. 1273, p. 11-20.
- Mumayiz, S., N. Ashford (1986) *Methodology for planning and operations management of airport terminal facilities*. Transportation Research Record, v. 1094, p. 24-35.
- National Fire Protection Association - NFPA (1993) *NFPA130 fixed guideway transit system*, Quincy, MA, USA.
- Okamoto, A., T. Uchida, Y. Asakura (2003) *A data collection system for detailed person movements in an urban space based on mobile communication technologies seeking a market survey technique for urban management*, The 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Sendai, Japan, CD-ROM.
- Saffarzadeh, M., J. P. Braaksm (2000) *Optimum design and operation of airport passenger terminal buildings*. Transportation Research Record, v. 1703, p. 72-82.
- Seneviratne, P. N., M. Javid (1994) *Cost based approach for sizing of pedestrian facilities*, Journal of Advanced Transportation, 28 (2), 189-200.
- Silva, A.N.R. (1999) *Ferramentas Específicas de um Sistema de Informações Geográficas para Transportes*. São Carlos, EESC-USP.
- Still, G. K. (2000) *Crowd Dynamics*, obtido em <www.crowddynamics.com> , acessado em 02/06/2004.
- Subprasom, K., P. N. Senevirante, H. K. Kipala, (2002) *Cost based space estimation in passenger terminals*, Journal of Transportation Engineering, v. 128, n. 2, p. 191-197.
- Tompkins, J. A., J. A. White (1984) *Facilities Planning*, John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- TRB - Transportation Research Board (1985) *Highway Capacity Manual*, Transport Research Board, Special Report 209, Washington, DC, USA.
- Waerden, P., R. Voort, A. N. R. Silva (2002) *Studying pedestrian movements in central shopping and business areas with a dedicated geographical information system*, Design Decision Support Systems in Urban Planning, n. 6, p. 251-261.
- Zacharias, J. (1993) *Reconsidering the impacts of enclosed shopping centres: A study of pedestrian behaviour around and within a festival market in Montreal*, Landscape and Urban Planning, n. 26, p. 149-160.
- Zhao, H., R. Shibasaki (2003) *Pedestrian tracking using multiple laser range scanners*, The 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management 'sendai mediatheque', Sendai, Japan, CD-ROM.

Lucas Fernando Vaquero Roviriego – e-mail: lucasrov@sc.usp.br

Vitor Borges da Silva – e-mail: vborges@sc.usp.br

Antônio Nelson Rodrigues da Silva – e-mail: anelson@sc.usp.br

Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
Av. Trabalhador São-carlense, 400. São Carlos, SP, Brasil.