



## PROCEDIMENTO PARA LOCALIZAÇÃO DE TERMINAIS

### RODOVIÁRIOS REGIONAIS COLETIVOS DE CARGA

**Andréa Vaz Morgado**

**Licínio da Silva Portugal**

Programa de Engenharia de Transportes - COPPE / UFRJ

**Orlando Fontes Lima Júnior**

Faculdade de Engenharia Civil - FEC / UNICAMP

#### RESUMO

Este artigo apresenta um procedimento para a análise de localização de terminais rodoviários regionais coletivos de carga (TRRCC) em áreas metropolitanas. Esta proposta foi desenvolvida a partir de uma ampla revisão de estudos de localização de terminais, na qual são cotejados os procedimentos tradicionalmente adotados com as especificidades e as características do terminal em estudo e do mercado ao qual ele se insere. Nesse sentido, complementarmente à literatura consultada, incorpora-se explicitamente e quantitativamente o conceito de acessibilidade, bem como o julgamento de valor dos tomadores de decisão no processo de escolha.

#### ABSTRACT

This article presents a procedure for the localization analysis of regional truckload terminals (RTT) in metropolitan areas. This proposal was developed from a wide revision of terminal localization studies, in which we compare the procedures traditionally adopted with the specificities and characteristics of the terminal under consideration and of the market in which it is inserted. In this sense, together with the consulted literature, the accessibility concept is explicitly and quantitatively incorporated as well as the judgment of value of the decision makers in the choice process.

#### PALAVRAS CHAVE

Terminais Rodoviários de Carga, Localização, Acessibilidade

## 1. INTRODUÇÃO

Os terminais de carga apresentam variadas funções (Ballou, 1993) sob diferentes pontos de vista. Por um lado, os terminais envolvem questões econômicas, urbanas e geográficas, que estão ligados à política pública de desenvolvimento (Goetz e Rodrigue, 1999). Por outro lado, os terminais relacionam-se com questões da administração privada (transportadores, operadores logísticos) cujas decisões de operação são tomadas em função da importância estratégica, localização e configuração da rede de terminais de carga (Wiegmans *et al.*, 1999). Há terminais que envolvem os dois pontos de vista (Martland *et al.*, 1996), tanto de apoio logístico (serviços de distribuição e transferência de carga etc.) quanto de organização do fluxo de tráfego de carga, neste caso, atendendo respectivamente interesses dos operadores e de desenvolvimento da região.

Nota-se, portanto, a necessidade de caracterizar o terminal cujas especificidades e mercado servirão de critérios para o estudo de sua localização. O Terminal Rodoviário Regional Coletivo de Carga (TRRCC) foi assim denominado em virtude de suas características operacionais de serviço das transportadoras, dentre as quais Morgado *et al.*(2003) o classificaram em: 1) Rodoviário – por referir-se à modalidade que transporta as cargas fracionadas industrializadas, e abastece o comércio varejista e atacadista diariamente. Ou seja, a modalidade que faz o transporte porta-a-porta na entrega da carga em seu destino final. 2) Regional - pela sua localização fora do perímetro urbano, preferencialmente nas periferias das cidades para favorecer a organização dos fluxos de carga. 3) Coletivo – devido ao uso de transportadoras que atendem ao mesmo mercado. Porém o terminal deve possuir uma estrutura que permita instalar empresas de vários portes, e possibilite o desenvolvimento das atividades (parcelamento, consolidação ou ambas) e movimento carga geral (fracionada e industrializada) em função do seu mercado. Conforme consulta expedita ao Sindicarga (*apud.* Morgado *et al.*), esses terminais são também conhecidos como terminais dos armazéns e são administrados por uma empresa transportadora sob regime de condomínio. Esse terminal tem participação nos fluxos de mercadorias tanto da indústria para o comércio, como do atacadista para o varejista e do comércio para a pessoa física (*e-commerce*).

A importância da localização está em facilitar a movimentação de mercadorias nas cidades. Segundo Odgen (1992), a circulação urbana contempla três aspectos: o desenvolvimento econômico com o escoamento da produção e recebimento de produtos de consumo (Krüger, 2002); a eficiência dos transportes com a adequada entrega de bens dentro das cidades (Millendorf, 1989; Santos e Aguiar, 2001) e a minimização de impactos provenientes desta circulação (Bernadet, 1996). Verifica-se que este terminal possui características peculiares que relacionam questões tanto da administração pública quanto da privada. Em relação à primeira, observa-se a localização nas periferias possibilitando o melhor desempenho dos caminhões (proximidade ao sistema viário principal), favorecendo a minimização dos impactos adversos, que são os efeitos da circulação e entrega de bens nas cidades: congestionamento, poluição, acidentes etc (Bernadet, 1996). Quanto à segunda, nota-se o uso coletivo por várias transportadoras que atendem a distintos clientes, sendo a eficiência do transporte o interesse principal (Millendorf, 1989), seja para a transportadora que opera o serviço seja para a administradora do terminal.

Segundo Ballou (1993), a questão da localização do terminal para as transportadoras é um fator essencial na formação dos preços de seus serviços e deve obedecer aos critérios custo, tempo médio de entrega, tempo de trânsito e sua variação, justificando por isso que o estudo de localização do terminal considere as condições de tráfego. O local do terminal deve ser o que garante a maior acessibilidade tanto aos pólos geradores (produção) quanto aos atratores (consumo) de carga, reduzindo os tempos de coleta, entrega, quilometragem rodada e custos operacionais (Reis, 1999). Segundo Vickerman (1996), a administração pública considera fatores micro econômicos que estão ligados ao mercado e as condições de tráfego existente e os impactos para a sociedade, como acessibilidade e desenvolvimento urbano, organização do tráfego de caminhões, volume de ruído, vibrações nas vias e a sustentabilidade do transporte. Outros fatores

locações de interesse para a administração do terminal são: a acessibilidade, a demanda, a geração e atração de carga, a concorrência e os custos de instalação e manutenção (Freese, 1994). Nesse processo de localização do terminal, observa-se a importância de levar em conta não só a multiplicidade de fatores, mas também a maneira diferenciada com que os agentes percebem e valorizam cada um deles, de acordo com os seus múltiplos e potencialmente conflitantes objetivos. Verificam-se na literatura consultada, alguns estudos dirigidos à localização de variados tipos de terminais de carga que adotam fatores de localização similares, mas que carecem de procedimentos que os incluam de acordo com a ótica de todos os agentes envolvidos (Taniguchi *et al.*, 1999; Daskin, 2002, Morgado *et al.*, 2003). Há um grande desenvolvimento de modelos matemáticos complexos que tratam da localização sob o enfoque da otimização e também do dimensionamento do terminal (Taniguchi, 1999) e projeto da rede (Melkote e Daskin, 2001; Silva e Cunha, 2003), contemplando exclusivamente a ótica da transportadora.

Diante da complexidade que envolve esse processo, pretende-se nesse artigo desenvolver um procedimento apropriado a partir da revisão bibliográfica, considerando as especificidades e o mercado deste terminal. Esse artigo desenvolve-se em cinco partes: a primeira parte introduz as características utilizadas no estabelecimento do procedimento proposto, seus critérios e abordagem recomendada. A segunda comenta e coteja os procedimentos disponíveis na literatura em consideração ao estudo de localização do TRRCC. A terceira apresenta a estrutura do procedimento proposto. A quarta comenta as principais etapas do procedimento. A quinta conclui a análise e apresenta recomendações.

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Os procedimentos encontrados no estudo de localização de terminais apresentam vários objetivos, alguns se destacam pela escolha de áreas candidatas (Valim e Gualda, 2003) e outros se referem à otimização de seleção de áreas candidatas (Modesti e Sciomachen, 1998) ou a hierarquização das alternativas em estudo (Marcharis, 1999). Observam-se também outros trabalhos que se referem à determinação do número e localização ótimos de centros de distribuição (Novaes, 2001).

A escolha de áreas candidatas é uma questão relevante para esse estudo. Alguns procedimentos deram maior contribuição na seleção dos locais candidatos (Valim e Gualda, 2003), propondo uma heurística para selecionar um conjunto de locais candidatos a centros de distribuição. A pesquisa procede primeiramente com uma revisão de estudos de localização, segue com a heurística proposta que se desenvolve em dois estágios, uma para agregação dos nós de demanda em *clusters* e depois se desenvolve uma busca em cada zona de forma a identificar os melhores locais candidatos com base em custos de suprimento e de distribuição. Em seguida são realizados o experimento de validação e a aplicação prática.

Marcharis (1999) apresenta alguns aspectos do procedimento adotado no estudo de localização de relevante interesse para o terminal em estudo, são eles: 1) a identificação da demanda potencial do novo terminal, 2) a utilização de um modelo de rede para a identificação de áreas candidatas, 3) a avaliação discreta de localizações potenciais em função dos atores econômicos (usuários do

terminal, operadores, investidores e sociedade como um todo). Observa-se, portanto, que o terminal portuário enfatiza a intermodalidade no transbordo de carga unitizada de um terminal para o outro como o elo mais importante da cadeia de transporte. Golob e Regan (2000) também abordam a questão do tráfego fazendo uma análise sob a ótica das companhias de logística de transporte de carga rodoviário e de frete e gerentes de operações sobre o impacto do congestionamento em seus negócios, lucratividade de políticas de mitigação atual e potencial.

Outro exemplo que trata da questão do tráfego é o trabalho de Modesti e Sciomachen (1998), que busca encontrar caminhos mínimos entre origem e destino nas redes de transporte multimodal urbano, objetivando minimizar o custo, tempo associado do usuário com o caminho requerido. O procedimento utilizado foi: 1) apresenta três modelos de transporte urbano, 2) analisa em detalhes a medida de utilidade proposta, onde algumas considerações sobre funções de utilidade alternativas são relacionadas à rede de transporte multimodal (tais funções foram expressas pelas variáveis: custo e tempo levando em conta a preferência do usuário referente às possíveis modalidades disponíveis); 3) identifica os caminhos mínimos O-D; 4) fornece uma proposta para parâmetros de função utilidade; 5) apresenta resultados relacionados à cidade de Gênova; como alguns comentários e indicação para pesquisa futura.

Visando a localização otimizada, Silva e Cunha (2003) tratam do terminal de carga parcelada do tipo “*hub-and-spoke*” que representa a instalação filial de empresas de transporte rodoviário de cargas. O procedimento proposto baseia-se em três grandes etapas: 1) a formulação matemática do problema; 2) o detalhamento da estratégia de solução baseada em algoritmos genéticos; 3) o teste computacional obtendo-se os resultados de sua aplicação. Praça *et al.* (2003) sugerem o procedimento para localização otimizada de centros de distribuição secundária de gás natural: 1) ampla revisão bibliográfica e da análise das necessidades para se atender aos objetivos propostos; 2) coleta de dados referentes à distribuição de gás natural (informações junto aos profissionais e pesquisadores da área); 3) seleção da abordagem quantitativa; 4) elaboração de dois exemplos práticos.

Taniguchi *et al.* (1999) identifica a melhor localização e tamanho de terminais logísticos, para transporte de transferência e distribuição de mercadorias. Foi desenvolvido um modelo matemático utilizando Teoria das filas e Programação não linear, buscando os *trade offs* entre custos de transportes e facilidades do terminal. Usou algoritmos genéricos para auxiliar na solução ótima aproximada, já que a programação não linear não traz uma solução otimizada para problemas de grande escala. O procedimento seguido foi: 1) revisão dos estudos de otimização e localização de terminais logísticos públicos; 2) a formulação do modelo; 3) aplicação em uma rede atual de transporte; 4) conclusões.

Novaes (2001) apresenta dois modelos aproximados para resolver os problemas de determinação do número e localização ótimos de centros de distribuição, fazendo uso de formulações úteis, sobretudo na fase de planejamento de redes logísticas. Utilizou o seguinte procedimento: revisão de modelos; 2) determinação dos fatores que definem a descentralização e centralização, o tamanho do depósito e o número; 3) análise dos custos anuais em função dos números de CDs; 4) detalhamento da aplicação do modelo para determinar localização ótima do CD.

Alguns trabalhos destacam a importância dos fatores de localização relacionados aos atores envolvidos. Vickerman (1996) propõe considerar um procedimento que fornece uma estrutura de integração de algumas questões como o crescimento da lucratividade, a concentração geográfica de indústrias, a quantificação da acessibilidade regional e do potencial econômico. Tal procedimento segue as etapas: 1) revisão dos modelos econômicos modernos no tratamento do desenvolvimento regional; 2) revisão de como a infra-estrutura de transportes é definida, mensurada e incorporada nos modelos de desempenho econômico regional; 3) desenvolvimento de um indicador baseado nas necessidades de transporte das indústrias da região, levando em conta tanto requisitos de produção como de mercado para as indústrias; 4) aplicação do indicador para avaliação de impactos regionais de nova infra-estrutura na Europa.

Min e Melachrinoudis (1999) consideram a multiplicidade de fatores relacionados à relocação e o *trade offs* entre eles, elementos importantes para o auxílio à tomada de decisão. Foi escolhido o MAH, por ser uma ferramenta que envolve um amplo número de fatores de localização tangíveis (custo) e intangíveis (qualidade de vida) com diferentes escalas. Marcharis (1999) também utiliza o MAH para selecionar fatores de acordo com o ponto de vista dos atores.

Melkote e Daskin (2001) demonstram que a mudança na topologia da rede de transporte representa mais o custo efetivo que o acréscimo de instalações tipo terminais intermodais para melhorar o serviço. O modelo adotado no procedimento tem aplicações no planejamento regional, distribuição, gerenciamento de energia e outras áreas e foi aplicado neste trabalho para analisar dois potenciais cenários de planejamento de transporte da seguinte maneira: 1) revisão dos modelos; 2) apresentação de modelo misto de programação integral, (formulação Daskin) e discussão de algumas dessas propriedades; 3) formulação do modelo para caso especial de mudança de rede; 4) aplicação do modelo em cenários de planejamento de transportes; 5) identificação de continuidade da pesquisa.

Ainda existem algumas experiências brasileiras mais antigas, como o Centro Rodoviário de Carga (CRC), também chamado de terminal dos armazéns, e o Centro Rodoviário de Cargas e Fretes (CRCF) proposto pelo MICERT (DNER, 1979). Este centro busca organizar o fluxo de caminhões nas cidades e evitar o ingresso de veículos pesados no perímetro urbano da mesma forma que os terminais rodoviários (Reis, 1999). O estudo da localização se baseia na análise do custo benefício e segue estas etapas do procedimento: 1) reconhecimento da necessidade pública, 2) elaboração do estudo de viabilidade técnico-econômica e suporte financeiro, 3) elaboração de projeto final de engenharia e arquitetura e 4) execução do projeto. Outro estudo (Silva, 1991) refere-se ao dimensionamento e localização das Centrais de informação e fretes (CIF's) que são agentes facilitadores da otimização do setor de transporte de carga. Neste estudo, adotou-se o seguinte procedimento: 1) zoneamento da região, 2) elaboração da matriz de distância entre centróides, 3) coletas de dados, 4) procedimento do método heurístico, 5) pré-seleção dos locais e 6) localização pontual das CIF's.

Diante dos trabalhos revisados, pode-se observar que todos eles tocaram em aspectos de interesse para o TRRCC, são eles: escolha das áreas candidatas (Valim e Gualda, 2003; Jordan e Burns, 1984); padrões de acessibilidade da rede de transporte (Marcharis, 1999; Golob e Regan, 2000); atores envolvidos (Vickerman, 1996; Marcharis, 1999; Praça *et al*, 2003; Taniguchi, 1999), a

variedade de fatores contemplados (Min e Melachrinoudis, 1999) e contexto espacial de análise (Freese, 1994). A maioria dos trabalhos busca a otimização dos locais escolhidos (Silva e Cunha, 2003, Praça *et al.*, 2003; Melkote e Daskin, 2001) que não representa a proposta de localização do TRRCC, que é melhor compreendida pela hierarquização dos fatores e alternativas através do Método de Análise Hierárquica, conforme indicam Min e Melachrinoudis (1999). Os principais motivos referem-se à localização do TRRCC contemplar alternativas discretas e selecionadas previamente, dados tangíveis (custo, tempo) e intangíveis (segurança, confiabilidade), bem como os interesses múltiplos e conflitantes de distintos atores. Observa-se que todos os trabalhos tratam de alguns fatores, mas nenhum deles considerou todos os fatores relevantes para o TRRCC. Os trabalhos de Min e Melachrinoudis (1999), DNER, (1979) e Marcharis (1999) foram os que mais se aproximaram do procedimento sistematizado a seguir, ao contemplarem respectivamente a adoção de técnica multicritério para tomada de decisão, a organização dos fluxos de carga e a inclusão dos atores com objetivos conflitantes na localização do terminal (*stakeholders*, operadores e comunidade). Nenhum deles, entretanto, considerou quantitativamente e de maneira abrangente a acessibilidade como fator de localização.

### **3. ESTRUTURA DO PROCEDIMENTO**

O procedimento aqui proposto procura ser compatível com as especificidades do TRRCC, considerando as ferramentas apropriadas para tratar os fatores de localização mais representativos e que reflitam a percepção e importância dos interesses dos atores envolvidos nessa estrutura de decisão (Morgado *et al.*, 2003). É uma abordagem derivada do conhecimento do problema, sendo a sua estrutura sistematizada e visualizada pela disposição ordenada das etapas, como mostra a figura 1.

A primeira etapa consiste em identificar e caracterizar as áreas candidatas, escolhidas por apresentarem condições propícias à localização de um terminal de carga em estudo e com conseqüente propensão a atender aos interesses dos atores intervenientes. Esses atores devem participar desse processo de indicação, que também pode contar com técnicas mais elaboradas (Marcharis, 1999; Valim e Gualda, 2003). A caracterização das áreas será quanto à infra-estrutura de transportes, à qualidade operacional do tráfego, às modalidades de transportes e aos terminais existentes.

A segunda etapa consiste em estabelecer padrões de acessibilidade aos locais estratégicos – como registrado por Freese (1994) e Reis (1999) - que configuram as potenciais origens e destinos da carga, aqui classificados como Pólos Geradores de Carga (PGC's), Pólos Atratores de Carga (PAC's) e Pólos Promotores de Intermodalidade (PPI's). Esta etapa representa a definição de indicadores de acessibilidade mais apropriados, bem como o cálculo dos seus valores com a aplicação da Teoria de Grafos, através do SIG, para cada área escolhida em relação aos PGC's, aos PAC's e aos PPI's, definindo um importante fator para a localização do TRRCC.

Entende-se, nesta pesquisa, que os Pólos Geradores de Carga serão unidades espaciais que explicam a geração da carga a ser potencialmente movimentada no terminal, ou seja, as entidades produtoras de cargas ligadas ao comércio ou indústria. Os Pólos Atratores de Carga representam

os clientes das transportadoras de carga, ou seja, os consumidores da carga. Os Pólos Promotores de Intermodalidade representam, nesta pesquisa, os locais onde haja possibilidade de transferência entre modalidades de transporte, desde que esteja de acordo com os interesses desse tipo de mercado de cargas.

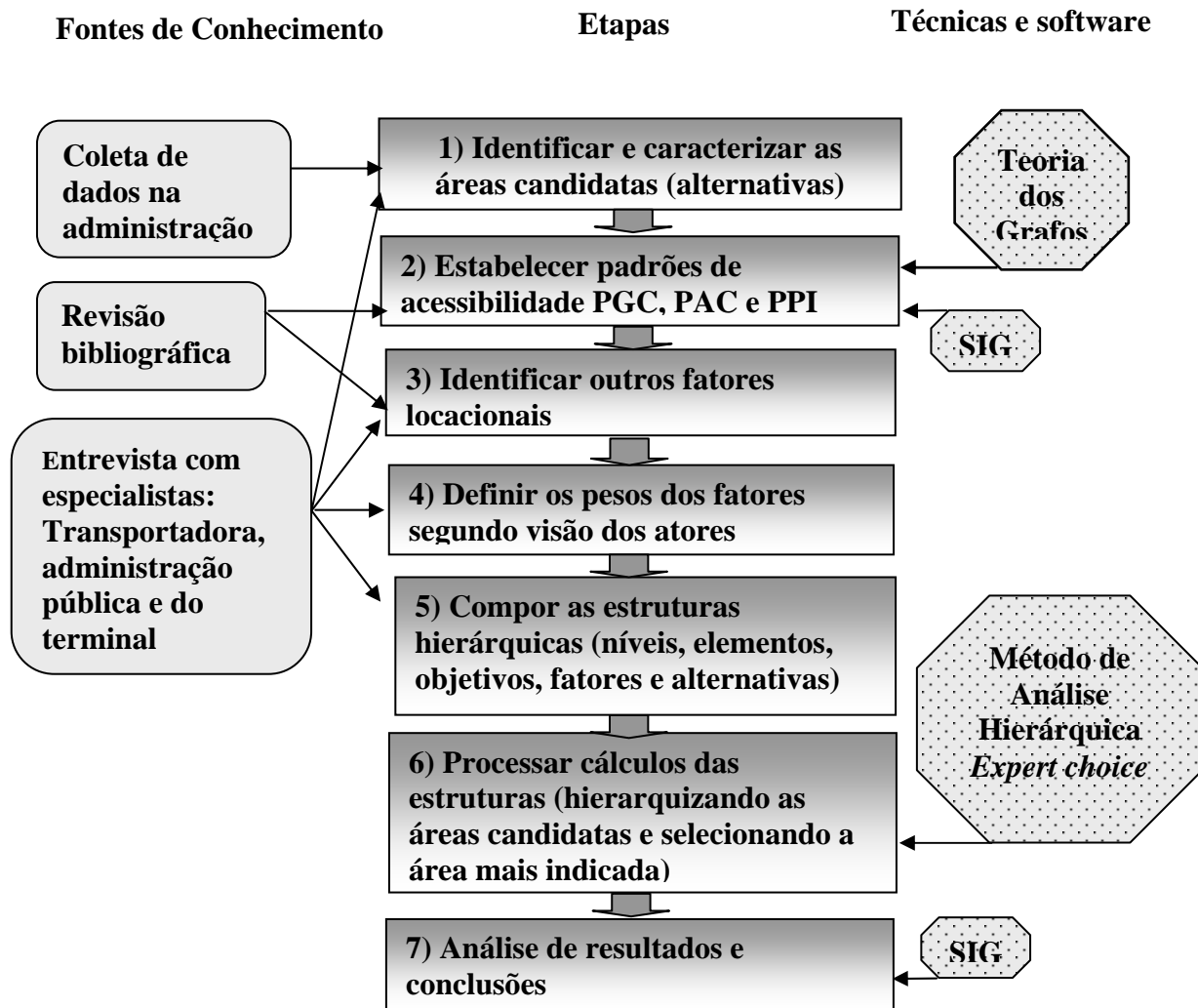


Figura 1: Etapas do procedimento proposto

A terceira etapa consiste em estabelecer outros fatores locais e a coleta de informações a eles relativas. Segundo a revisão (Marcharis, 1999; Freese, 1994; Min e Melachrinoudis, 1999; Reis, 1999), foram apontados alguns fatores locais mais utilizados, como custo, acessibilidade, confiabilidade e impactos que deverão ser confirmados na entrevista com os representantes das transportadoras, administração do terminal e da administração pública através de questionário e apropriada abordagem prospectiva.

A quarta etapa consiste em definir os pesos dos fatores segundo a visão dos atores. Após a confirmação e acréscimos dos fatores a serem considerados nesta pesquisa, serão atribuídos pesos relativos para cada fator e subfator em relação à visão de cada ator. Esta etapa representa a

avaliação dos pesos relativos para o conjunto de fatores, que serão realizados em uma segunda etapa de consulta, mas desta vez servirá para atribuir valores de acordo com a escala cardinal de Saaty pelos especialistas. Para a administração pública serão considerados seus técnicos e os especialistas da área de transportes, como professores universitários. O programa *Expert Choice* estabelece duas formas para consulta aos especialistas: pela própria estrutura hierárquica (ou fluxograma) e pelo questionário. Esta consulta tem como objetivo verificar se os pesos atribuídos aos fatores por cada ator estão consistentes, buscando o consenso que para a abordagem do MAH, significa aplicar o método para encontrar prioridades para os vários indivíduos de acordo com a abrangência de seus julgamentos. A avaliação se baseia na experiência do avaliador como integrante do grupo e o questionário deve ser aplicado a todo o grupo de uma única vez, numa reunião, pois uma opinião do líder pode convencer ou não outros participantes. Segundo Saaty (1991), se o julgamento desses especialistas for considerado de alta confiança pelo pesquisador, a prioridade encontrada será usada para dar peso ao resultado de prioridade final obtido no julgamento de cada indivíduo e ainda uma prioridade geral será, então, obtida pela média aritmética. Por outro lado, se houver pouca confiança no julgamento, pode-se usar a média geométrica dos julgamentos pessoais, à medida que apareçam em cada uma das matrizes de comparação.

A quinta etapa consiste em compor as estruturas hierárquicas (níveis, elementos, objetivos, critérios e alternativas). Os fatores selecionados com seus pesos devidamente relacionados para cada ator (transportadora, administração pública e do terminal) são resultantes das entrevistas e serão colocados em forma de árvores de decisão. O mesmo procedimento será aplicado para a análise em conjunto dos três atores, sendo que a atribuição dos pesos relativos para cada fator será em relação aos outros atores na mesma árvore de decisão. Destaca-se que o uso do MAH, além de compatível com a natureza desse problema de localização, é também recomendado, em casos similares, por outros autores, como Min e Melachrinoudis (1999) e Marcharis (1999).

A sexta etapa consiste em processar cálculos das estruturas hierárquicas. As árvores de decisão serão em um total de quatro, sendo uma para cada ator interveniente e uma para o conjunto. Cada árvore será calculada observando a consistência dos julgamentos.

A sétima etapa consiste em analisar os resultados e estabelecer conclusões. As áreas candidatas serão as alternativas das estruturas de decisão que serão avaliadas segundo a ótica de cada ator que depois serão relacionadas em uma árvore com o conjunto de fatores para os três atores, buscando a alternativa mais indicada para localizar o terminal. Há possibilidade de se usar dois programas para a construção das estruturas hierárquicas, o mais conhecido é o software *Expert Choice*, ou outro software desenvolvido pela COPPE que apresenta uma forma mais fácil de introduzir os dados. Essa escolha será feita mais adiante, pois o segundo software não apresenta questionário para julgamento dos especialistas.

#### **4. PRINCIPAIS ETAPAS DO PROCEDIMENTO**

Algumas etapas serão comentadas com o objetivo de esclarecer com mais detalhes a aplicação do procedimento proposto, visto que alguns termos (PAC, PGC e PPI) e estruturas de decisão



presentes nestas etapas são específicos desta pesquisa. Portanto serão aqui explicitadas as etapas 2, 5 e 6. Na etapa 2, serão estabelecidos os padrões de acessibilidade que representam uma parte quantitativa do estudo, para isso será utilizada a Teoria de Grafos. Estes padrões serão calculados para os PGC's, PAC's e PPI's. Sugere-se como PGC's as vias de acesso pelas quais os fluxos de veículos são canalizados em direção à região metropolitana em estudo. Sugere-se ainda como fator de atratividade o volume de caminhões passando por tais vias e como fator de impedância o tempo de percurso entre cada área e respectivas vias de acesso. Os indicadores de acessibilidade referentes aos pólos, como o gerador de cargas, poderão ser assim calculados como mostra a equação 1.

$$I_{PGC}^i = \sum_{j=1}^m \frac{M_{PGC}^j}{T_{ij}} \quad (1)$$

sendo:

I – índice de acessibilidade para a área i

i – as áreas candidatas (i = 1-n)

n – número de áreas candidatas

j – pólos geradores de cargas (j = 1-m)

T<sub>ij</sub> – tempo ou distância de percurso entre cada área i e respectivas vias de acesso j (ou PGC's)

M<sup>j</sup> – atratividade do PGC j que pode ser expressa pelo volume de caminhões passando por tal via

Nesse trabalho, os PAC's serão representados pelas zonas internas à região metropolitana em estudo, buscar-se-á uma variável que expresse o porte de cada zona de mercado do terminal refletindo seu grau de atratividade. Já o fator de impedância poderá ser o tempo entre cada área candidata e os diferentes PAC's, pois esta é uma importante variável considerada na prestação do serviço de transporte de carga pelas transportadoras. Os indicadores de acessibilidade referentes aos pólos, como o atrator de cargas, poderão ser calculados como mostra a equação 2.

$$I_{PAC}^i = \sum_{j=1}^m \frac{M_{PAC}^j}{T_{ij}} \quad (2)$$

sendo:

I – índice de acessibilidade para a área i

i – as áreas candidatas (i = 1-n)

n – número de áreas candidatas

j – pólos atratores de cargas (j = 1-m)

T<sub>ij</sub> – tempo ou distância entre cada área candidata i e os diferentes PAC's j

M<sup>j</sup> – atratividade do PAC j que deve ser medida por variável que expresse o porte de cada zona de mercado do terminal

Os PPI's terão como referência os terminais de carga existentes na região, o fator de atratividade será a movimentação de carga no terminal e o fator de impedância poderá ser tempo ou distância. Em alguns casos a distância pode refletir a movimentação espacial das cargas, em outros, onde há muito engarrafamento, o tempo é um fator mais confiável. Os indicadores de acessibilidade referentes aos pólos, como o promotor de intermodalidade, poderão ser calculados como mostra a equação 3.

$$I_{PPI}^i = \sum_{j=1}^m \frac{M_{PPI}^j}{D_{ij}} \quad (3)$$

sendo:

I – índice de acessibilidade para a área i

i – as áreas candidatas (i = 1-n)

n – número de áreas candidatas

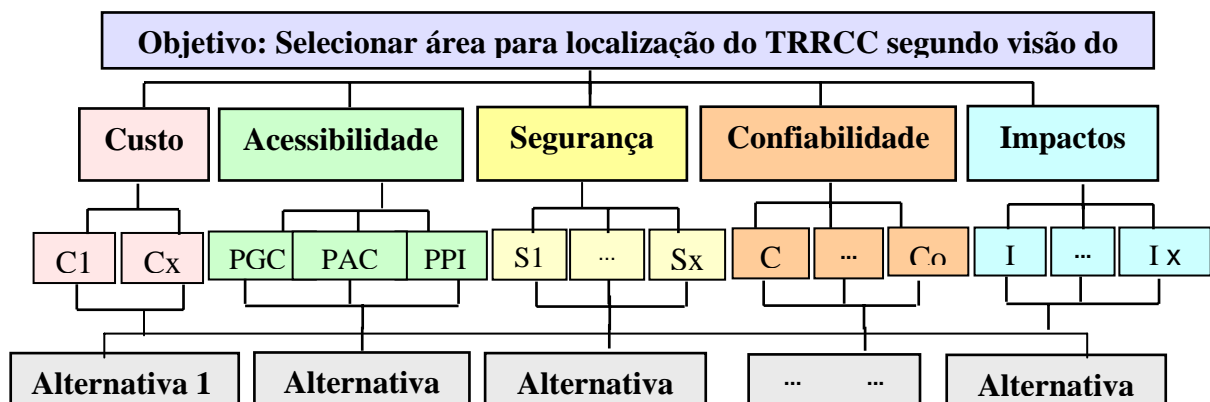
j – pólos promotores de intermodalidade (j = 1-m)

D<sub>ij</sub> – distância ou tempo entre a área candidata i e o terminal (ou PPI) j

M<sup>j</sup> – atratividade do PPI j que expresse seu porte, como a movimentação da carga no terminal

As entrevistas terão duas fases que se complementam e irão compor as etapas 1, 3, 4 e 5. A primeira fase tem por objetivo complementar e ratificar os fatores já considerados relevantes, esta etapa terá um número restrito de entrevistas, pois serão selecionadas pessoas que representam cada ator. Será aplicado um questionário contendo as informações: fatores de localização, subfatores (variáveis que reflitam cada um dos fatores) e as áreas de interesse na região metropolitana. Após a realização desta fase, os fatores complementados ou confirmados irão compor outro questionário onde serão comparados os fatores, subfatores e áreas preferidas para a localização, atribuindo-se pesos segundo a Escala Fundamental de Saaty (Saaty, 1991).

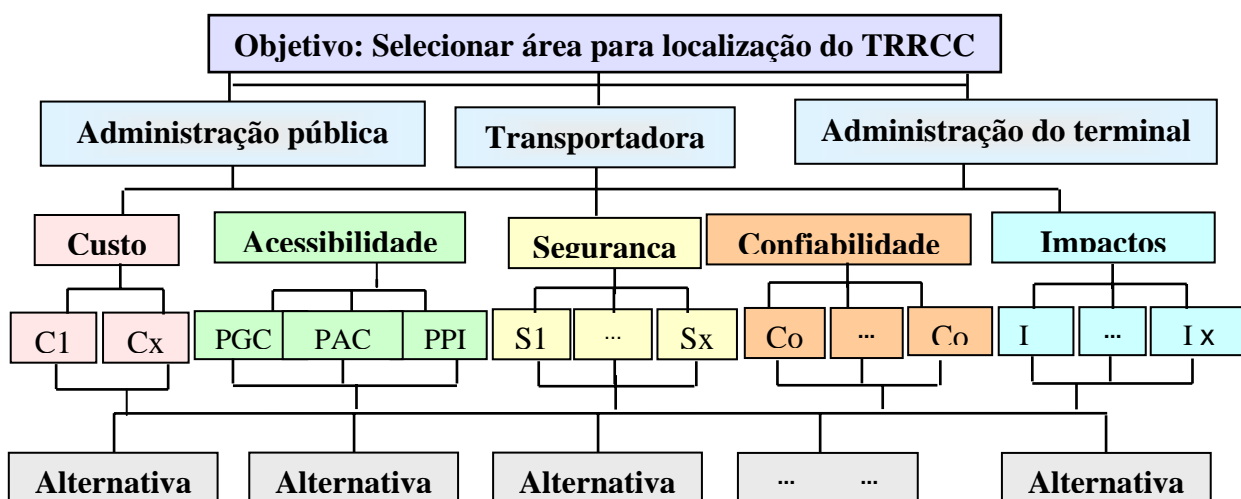
A etapa 5 representa a composição das estruturas hierárquicas (níveis, elementos, objetivos, fatores e alternativas). Com esses índices de acessibilidade juntamente com os outros fatores de localização estabelecidos para cada área candidata, serão construídas árvores de decisão, para cada agente individualmente e posteriormente para todos eles em conjunto. A primeira estrutura hierárquica para cada ator terá como objetivo encontrar a área mais favorável para localizar o terminal de acordo com a ótica daquele ator, por exemplo, será construída uma estrutura para a transportadora e o objetivo será localizar o terminal em área que favoreça o lucro e interesses da mesma na prestação do serviço de transporte de carga. A figura 2 apresenta esta estrutura.



**Figura 2:** Estrutura hierárquica para análise da localização segundo a ótica de cada

Tal estrutura é composta no primeiro nível hierárquico pelo objetivo que é selecionar a área mais adequada para localizar o terminal rodoviário regional de carga sob a perspectiva de determinado ator. No segundo nível são dispostos os fatores resultantes da análise e tratamento dos dados dos questionários (para a administração do terminal e para as transportadoras) e da revisão de estudos dos órgãos governamentais (para a administração pública). No terceiro nível são colocados os subfatores que melhor reflitam seus fatores relacionados. No quarto e último nível são colocadas alternativas resultantes das áreas candidatas pré-selecionadas e mais votadas pelos entrevistados e / ou adotar outras que forem sugeridas na entrevista.

A estrutura hierárquica envolvendo todos os atores terá como objetivo selecionar a área mais indicada para localizar o terminal, que corresponde ao objetivo geral desta pesquisa. Esta será a estrutura final de decisão que irá reunir os fatores, atores e as alternativas processadas nas outras estruturas para cada ator, sendo nesta ponderados os graus de importância para cada um deles. Portanto serão reunidos os fatores mais relevantes de cada ator e ponderados os graus de importância dos mesmos que também serão previamente avaliados pelos especialistas. Neste caso, será apenas uma estrutura de decisão, constituída pelos seguintes cinco níveis hierárquicos como mostra a figura 3.



**Figura 3:** Estrutura hierárquica para análise da localização considerando todos os atores

Essa estrutura tem no primeiro nível hierárquico o objetivo de selecionar a área mais adequada para localizar o TRRCC considerando da melhor forma possível os interesses dos atores envolvidos. No segundo nível são dispostos os atores envolvidos: transportadoras e administração pública e do terminal com seus respectivos graus de prioridade. No terceiro nível são dispostos os fatores resultantes do julgamento das hierarquias anteriores e da avaliação dos especialistas. No quarto nível são apresentados os subfatores resultantes da análise dos questionários e das consultas constituindo-se em indicadores que reflitam seus fatores correlacionados. No quinto nível são colocadas as alternativas, ou seja, as áreas pré-selecionadas resultantes do julgamento das hierarquias anteriores e da avaliação dos especialistas.

A etapa 6 será realizada com o auxílio do Método de Análise Hierárquica (MAH), pois foi o método selecionado por representar os aspectos dos agentes intervenientes e características da técnica que melhor reflete o problema da localização do TRRCC, conforme visto em Morgado *et al.*, 2003. Além disso, há duas características do MAH apresentadas por Min e Melachrinoudis (1999) consideradas muito importantes para este trabalho, são elas: 1) é uma ferramenta que trabalha com um amplo número de fatores de localização tangíveis (custo), e intangíveis (qualidade de vida) com diferentes escalas; 2) permite que o planejador do local não só visualize preferências entre a posição de alternativas, mas também identifique julgamentos inconsistentes e possa corrigi-los durante o processo de decisão.

## 5. CONCLUSÕES

As características peculiares dos terminais rodoviários regionais coletivos de carga (TRRCC) mostram a complexidade que envolve seu estudo de localização e a formulação do melhor procedimento a ser adotado. Os TRRCC's têm importância fundamental para as transportadoras e também para a sociedade no abastecimento diário da cidade, especialmente quando devidamente localizados.

Na composição do procedimento, vários aspectos foram incorporados, a partir dos estudos revisados, dentre os quais se destacam: a escolha das áreas candidatas, os padrões de acessibilidade, variedade dos fatores de localização, os pesos relativos dos fatores estabelecidos pelos agentes. As etapas deste procedimento foram elaboradas incorporando as fontes de conhecimento e técnicas utilizadas sendo justificadas pela revisão e por recursos condizentes com os tipicamente disponíveis em nosso país. Nesse contexto, adota-se um tratamento espacial discreto que permita a hierarquização das áreas candidatas, de forma a contemplar objetivos múltiplos e conflitantes de todos os atores envolvidos (administração pública e privada), buscando uma solução mais equilibrada dentre as áreas alternativas disponíveis para a localização.

Nesse sentido, ressalta-se a contribuição desse artigo para sistematizar o procedimento sobre a localização do TRRCC, bem como abordagens e a seleção de critérios indicados em sua formulação. Espera-se, entretanto, que novas pesquisas sejam realizadas, obtendo-se pesos que melhor representem percepções dos atores e aplicando a ótica de todos atores envolvidos ou impactados na tomada de decisão quanto à localização de terminais.

---

Agradecimentos ao CNPq e à CAPES pelas bolsas concedidas aos autores. Produção da Rede Ibero-americana de Estudo em Pólos Geradores de Viagens (<http://redpgv.coppe.ufrj.br>).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALLOU, R. H. (1993) **Logística Empresarial transportes, administração de materiais e distribuição física**, 11<sup>a</sup> edição, Editora Atlas S.A., São Paulo.
- BERNADET, M. (1996) Distribution des Merchandises en Zone Urbaine : Le rapport du Conseil National des Transports, *Transports Urbains - le forum des transports publics*, no. 91, avril-juin, p. 6.
- DASKIN, M.S. (2002) Recent Trends in Location and Supply Chain Modeling Pinchas Naor Keynote Adress,

- Operations Research Society of Israel*, Kibbutz Shefayim, Israel, May.
- DNER (1979) **MICERT - Manual para implantação de Centros Rodoviários de Cargas e Fretes e Terminais Rodoviários de Cargas**, RJ.
- FREESE, T.L. (1994) Site selection. *In*: James F. Roberson & Willian C. Copacino **The logistic handbook**, Associate editor, R. Edwin Howe Andresen Consulting, The Free press, New York.
- GOETZ, A.R., RODRIGUE, J.P. (1999) Transport terminals: new perspectives. *Journal of Transport Geography*, v. 7, p. 237-240.
- GOLOB, Thomas F.; REGAN, Amélia C. (2000) Freight industry attitudes towards policies to reduce congestion, *Transportation Research Part E*, 36, pp.55-77;
- JORDAN, William C., BURNS, Lawrence D. 1984 Truck Backhauling on two terminals Networks, *Transportations Research Board*, vol.18B, n. 6, pp.487-503;
- MARCHARIS, Cathy (1999) European Strategies in the Globalising Markets Transport Innovations, *Competiveness and Sustainability in the Information Age*, Nectar Conference No. 6, 16-18 May 2001, Helsinki, Finland;
- MARTLAND, C. D.; FRAZIER, C.; NORRIS, B. e AEPPLI, A. (1996) Analysis of Intermodal Highway access to economic activity centers, Intermodal Freight Terminal of the future, *Transportation Research Circular*, n. 459, july, p.43-52;
- MELKOTE, Sanjay e DASKIN, Mark S. (2001) An integrated model of facility location and transportation network design, *Transportation Research Part A*, 35, pp.515-538;
- MILLENDORF, S.F. (1989) Goods Transportation in Urban Areas. *American Society of Civil Engineers-ASCE*, New York, USA, p. 25-27.
- MIN, Hokey, MELACHRINOUDIS, Emanuel (1999) Relocation of hibryd manufacturing / distribution facility for Facilities supply chain perspectives: a case study, *Omega Int. J. Mgmt.Sci*, pp. 75-85;
- MODESTI, Paola; SCIOMACHEN, Anna (1998) A utility measure for finding multiobjective shortest paths in urban multimodal transportation networks, *European Journal of Operational Research* n.111, pp. 495-508;
- MORGADO, A. V.; PORTUGAL, L. S.; LIMA JR., O.F. (2003) Análise das técnicas de localização aplicadas aos terminais rodoviários regionais coletivos de carga **Anais** do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, Artigo Científico, v.2, p.657-669.
- NOVAES, A.G. (2001) Localização e dimensionamento de centros de distribuição, XV ANPET, Campinas, SP; **Anais** do XV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Campinas, v.1, p.149.
- ODGEN, KW. (1992) **Urban goods movements: a guide to policy and planning**. Cambridge, Ashgate.
- PRAÇA, E. R.; NOBRE JR, E.F.; ARRUDA, J.B.F.(2003) Determinação da localização otimizada de centros de distribuição secundária de gás natural através da programação linear. **Anais** do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, Artigo Científico, v.2, p.682-693.
- REIS, N. G. dos (1999) **Administração de Terminais Rodoviários de Carga**. Apostila do curso no DERSA – Módulo: administração de transportes, Escola de Logística.
- SAATY, T.L. (1991) **Método de Análise Hierárquica**. McGraw Hill, Makron, São Paulo.
- SANTOS, E.C. dos e AGUIAR, E.M. (2001) Transporte de Cargas em Áreas Urbanas, *In*: Caixeta-Filho, J. V *et al* (eds.) **Gestão Logística do Transporte de Cargas** Editora Atlas S.A., São Paulo
- SILVA, M.R; CUNHA, C.B. da. (2003) Uma aplicação de algoritmos genéticos para a localização de terminais de consolidação de carga parcelada. **Anais** do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, Artigo Científico, v.2, p.644-656.
- SILVA, R.P. da (1991) Uma metodologia para dimensionamento e localização de um sistema de um sistema de centrais de informação de fretes. **Tese** de Mestrado UFSC, Santa Catarina.
- TANIGUCHI, E.; NORITAKE, M.; YAMADA, T.; IZUMITANI, T. (1999) Optimal size and location planning logistic terminals. *Transportation research part E*, n. 459, p.207-222.
- VALIM Filho, A.R.A., GUALDA, N.D.F. (2003) Heurísticas para seleção de “melhores” candidatos para localização de centros de distribuição.**Anais** do XVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Rio de Janeiro, Artigo Científico, v.2, p.632- 643.
- VICKERMAN, Roger. (1996) Location, accessibility and regional development: the appraisal of trans- European networks. *Transport policy*, vol.2, no.4, pp. 225.
- WIEGMANS, B.W.; MASUREL, e; NIJKAMP, P. (1999) Intermodal Freight Terminals: an Analysis of The Terminal Market. *Transportation Planning and Technology*, v.23, p. 105-128.