

ANÁLISE DE LOCALIZAÇÃO DE PLATAFORMAS LOGÍSTICAS: APLICAÇÃO AO CASO DO ETSP – ENTREPOSTO TERMINAL SÃO PAULO– DA CEAGESP

Bianca de Cássia Romero

Programa de Mestrado em Engenharia de Sistemas Logísticos
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Nicolau D. Fares Gualda

Departamento de Engenharia de Transportes
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RESUMO

Este trabalho apresenta resultados de uma pesquisa de mestrado que, em linhas gerais, possui os seguintes objetivos: (1) tratar problemas de localização de plataformas logísticas; (2) estudar ferramentas analíticas de apoio à tomada de decisão com enfoque multicritério; (3) mapear os critérios que deverão ser considerados na análise desses problemas de localização; (4) avaliar os impactos dos critérios escolhidos no objetivo geral do problema; e (5) aplicar e testar a metodologia a um problema de localização de plataforma logística. Entre os métodos multicritério pesquisados na bibliografia, o Método de Análise Hierárquica (AHP – *Analytic Hierarchy Process*), proposto inicialmente por Saaty (1971), foi selecionado como ferramenta de apoio à tomada de decisão e aplicado com sucesso ao problema relacionado ao ETSP - Entrepósito Terminal São Paulo - da CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo.

ABSTRACT

This paper shows results from a master's research that, in general terms, contains the following objectives: (1) to deal with location of logistics platforms; (2) to study the analytical tools for the decision making process, with a multi-criteria focus; (3) to map the criteria that should be considered in the analysis of such location problems; (4) to evaluate the impacts of the selected criteria towards the overall objective of the problem; (5) to apply and test the methodology to a case of location of a logistics platform. Among the multi-criteria methods researched in the bibliography, the Analytic Hierarchy Process (AHP) initially proposed by Saaty (1971) has been chosen and successfully applied to the problem related to the central market (ETSP) of CEAGESP - Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo.

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata o problema de localização de plataformas logísticas. Representa, pois, o estudo de um problema logístico, em nível estratégico, mais precisamente o de localização geográfica de instalações. O problema de localização é um dos mais importantes a considerar na área de logística (Ballou, 2001; Daskin, 1995) e frequentemente envolve múltiplos objetivos conflitantes.

A seguir, tratar-se-á da conceituação do termo plataforma logística e dos problemas da localização destas instalações e métodos de solução empregados.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Plataformas Logísticas

O conceito de plataforma logística é ainda pouco explorado, e a bibliografia que faz referência ao termo é bastante escassa. As plataformas logísticas multimodais, por exemplo, foram desenvolvidas na França para substituir ineficientes terminais de cargas dispersos nas áreas periféricas das grandes cidades. Esse tipo de instalação tornou-se referência na ampliação da integração multimodal e redução do tráfego urbano, dos índices de poluição e dos custos de operações logísticas.

Uma plataforma logística busca promover o uso eficaz e eficiente do espaço das instalações, oferecendo uma estrutura apropriada para operação dos processos pertinentes à determinada

atividade. Buscar a eficácia no uso das instalações, significa que a utilização deve acontecer da melhor maneira possível, e quando se busca a eficiência, o foco é a redução de custos. A elaboração de um projeto de uma plataforma logística deve estar sempre voltada para o cliente, por ser esta relação de extrema importância. Segundo Aldin; Stahre (2003), “numa plataforma logística, processos padronizados e medidas, como o índice de similaridade entre os processos utilizados, podem ser pré-requisitos que possibilitam o gerenciamento central e a coordenação da plataforma como um todo”.

2.2. Fatores relevantes para a decisão de localização

A importância estratégica da localização das instalações está relacionada com o valor de contribuição desta decisão para o sistema, a médio e longo prazo. Segundo Gualda (1995), o problema de localização pode ser definido como um problema de alocação espacial de recursos.

De acordo com Daskin (1995), no problema de localização no setor privado, os custos de investimento e benefícios são tipicamente medidos em unidades monetárias. Além disso, os custos e benefícios são gerados pelas ações dos diferentes atores: a empresa, sua administração, e seus investidores, que possuem os mesmos objetivos e metas. Esse contexto torna a análise, baseada em custos/benefícios, relativamente simples. Já nos problemas de localização inseridos no setor público, muitos custos e benefícios não monetários também devem ser considerados. Segundo Ballou (2001), a localização das instalações é determinada frequentemente por um fator que é mais crítico que os outros, esta característica pode ser denominada de força direcionadora. Por exemplo, na localização de plantas e armazéns, os fatores econômicos geralmente são dominantes. Nestes casos, o custo de transportes, por sua vez, também possui relevância significativa na determinação da localização.

Através da pesquisa bibliográfica (Targa (2004); Valim Filho (2004); Galvão, Cunha e Gualda (2003); Kabir; Shiman (2003); Bhatnagar; Jayaram; Phua (2003); Belcorso (2001); Chuang (2001); Chan (2001); Yang; Lee (1997); Lopez; Henderson (1989); Tondo (1992);) foi possível elaborar uma lista dos fatores relevantes na seleção de locais. A lista, apresentada na tabela 1, encerra um conjunto representativo dos fatores relativos aos diversos problemas de localização encontrados na literatura pesquisada. Adiante, neste trabalho, será elaborada uma lista customizada, que atenda as necessidades do estudo de caso de um modelo de plataforma logística. É importante salientar que há uma relação de interdependência entre os vários critérios de localização estudados e, portanto, estes critérios não devem ser analisados isoladamente.

2.3. Métodos Multicritério

Iañez (2002) observa que os métodos multicritério são utilizados, geralmente, para auxiliar a tomada de decisão em problemas onde não existe solução ótima, devendo o tomador de decisão estar apto a avaliar os diversos *trade-offs* existentes e selecionar a melhor alternativa disponível.

A essência da tomada de decisão multicritério é a escolha da melhor alternativa, a partir de um conjunto de alternativas competitivas que são avaliadas sob critérios conflitantes (Cho; Cho, 2003). Os critérios são denominados conflitantes quando a satisfação de um dos critérios impede a completa satisfação de um outro critério (Hartman; Goltz, 2002).

Tabela 1: Lista de Critérios para a Localização de Instalações.

CRITÉRIOS	SUB-CRITÉRIOS
1. Área para implementação:	Custo da área (considerar eventuais custos de desapropriação);
	Disponibilidade de espaço necessário para o Projeto;
	Custos associados à construção da instalação.
2. Utilidades Públicas:	Disponibilidade de fornecimento de água;
	Disponibilidade de instalações de coleta de esgoto;
	Custos de fornecimento de água;
	Custo de coleta de esgoto;
	Custo de tratamento de água;
	Custo de tratamento de esgoto;
	Distância dos recursos de água e esgoto (este critério pode ser considerado no item de custo);
	Disponibilidade de sistema de coleta de resíduos (lixo);
	Disponibilidade e confiabilidade do sistema de energia elétrica (ou outros tipos de fontes de energia, caso haja necessidade);
	Custo do fornecimento de energia elétrica;
	Custo de acessar as redes de energia;
	Distância às fontes ou redes de energia (este critério pode ser considerado no item de custo);
	Disponibilidade de instalações de telecomunicação.
3. Acessibilidade:	Disponibilidade e custo para a mão-de-obra chegar (acessar) ao local;
	Disponibilidade e custo de transporte dos produtos (tanto entrada, quanto saída - no caso de indústrias tem que considerar matéria-prima e produtos acabados, separadamente);
	Distâncias entre o local e os fornecedores e clientes;
	Rotas de acesso (rodovia, ferrovia, hidrovia);
	Qualidade dos serviços de transporte que atendem a região.
4. Disponibilidade e custo da matéria-prima.	
5. Mercado:	Identificação de consumidores (tamanho e proximidades aos mercados consumidores);
	Estabilidade das condições de mercado;
	Análise de competitividade (considerações sobre a concorrência).
6. Aspectos Ambientais:	Conformidade com as legislações ambientais estaduais e municipais;
	Obtenção de licenças ambientais;
	Políticas de controle da Poluição (associado à qualidade do ar);
	Impacto no sistema hídrico;
	Preservação do meio ambiente da região.
7. Aspectos físicos geográficos	Características geográficas e topológicas do local;
	Clima e temperatura;
	Padrões de chuvas e enchentes;
	Ventos.
8. Ocupação Urbana:	Cidades próximas;
	População (aceitação da população em relação à atividade da empresa/indústria na região);
	Desenvolvimento de projetos;
	Condições de uso do solo (possíveis restrições ou barreiras para a implantação do projeto);
	Impactos sociais (considerar eventuais benefícios sócio-econômicos gerados pela implantação da instalação).
9. Recursos humanos:	Legislação trabalhista;
	Grau de sindicalização;
	Disponibilidade de mão-de-obra qualificada;
	Existência de centros de treinamento e educação;
	Custos de mão-de-obra na região (salários médios - média salarial da região).
10. Qualidade de vida:	Habitação, segurança e infra-estrutura social;
	Disponibilidade de lazer;
	Disponibilidade de serviços médicos e odontológicos;
	Custo de vida na região (habitação, transporte e infra-estrutura).
	Custos de mão-de-obra na região (salários médios - média salarial da região).
11. Impostos e taxas (além de valores, é necessário avaliar a estabilidade das políticas de impostos e taxas).	
12. Incentivos fiscais e tributários:	Estadual;
	Municipal.
13. Governo:	Presença de agências reguladoras;
	Estabilidade das políticas de governo;
	Proteção ao investimento estrangeiro;
	Transparência e eficiência administrativa

Na visão de Malczewski (1999), os problemas de tomada de decisão multicritério envolvem seis componentes:

1. Objetivo ou conjunto de objetivos;
2. Decisor ou grupo decisor, juntamente com suas preferências em relação à avaliação dos critérios;
3. Conjunto de critérios de decisão, com base nos quais os agentes de decisão avaliam o curso das alternativas;

4. Conjunto de alternativas, que representam as variáveis de decisão ou ação;
5. Conjunto de estados da natureza, que reúne as variáveis incontrolláveis, ou ambiente;
6. Consequências da decisão.

Através da revisão da literatura foi possível constatar a existência de inúmeros modelos matemáticos que aderem à questão da localização, envolvendo modelos de otimização, heurísticas, simulação, multicritério, entre outros. A opção pela utilização de um método baseado na comparação de pesos, como o AHP, possui diversas justificativas.

O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido pelo matemático Thomas L. Saaty, da Wharton School da Universidade da Pensilvânia (EUA), na década de 70. Neste método, um sistema decisório complexo deve ser definido através de uma estrutura hierárquica. Ele é capaz de considerar simultaneamente atributos quantitativos e qualitativos e, também, de incorporar a experiência e a preferência dos tomadores de decisão.

Saaty (1991) estabelece como vantagem básica da estrutura hierárquica o fato desta proporcionar a busca do entendimento de seus níveis mais altos a partir das interações entre os vários níveis da hierarquia, ao invés de diretamente entre os elementos dos níveis. Na visão de Morita (1998), o método AHP se difundiu principalmente devido à reunião de algumas características como simplicidade na aplicação, naturalidade no trato de aspectos subjetivos e a flexibilidade de uso.

No AHP podem ser integradas as questões econômica, social e ambiental. E através deste método há a possibilidade de lidar com múltiplos objetivos conflitantes, sem restrições. Segundo Min (1994), o AHP ajuda o agente de decisão a analisar os diversos *trade-offs* entre os critérios conflitantes. Este método apóia-se no princípio que os humanos possuem maior facilidade de trabalhar com medidas relativas do que absolutas, ou seja, estabelece a comparação entre as alternativas, com o objetivo de indicar aquela que proporciona mais benefícios e, desta forma, possibilita a classificação das alternativas.

Para Yang; Lee (1997), o modelo de decisão AHP oferece flexibilidade de combinar as preferências da maioria dos *stakeholders* envolvidos na decisão de características específicas de localização, e ainda é capaz de incorporar a experiência gerencial e os julgamentos dos agentes de decisão. Entre as desvantagens do AHP, há o risco de inconsistência inerente ao processo decisório. Essa inconsistência deve ser sempre avaliada durante o processo de resolução do problema. Outra dificuldade consiste na grande quantidade de informações, as quais devem ser buscadas para tornar o problema mais realista.

Há várias maneiras de lidar com a incerteza associada à importância relativa dos pesos; um método consiste em utilizar a análise de sensibilidade com respeito aos pesos designados aos critérios de avaliação (Malczewski, 1999). Caso a inconsistência resulte em um valor não aceitável, é necessário rever os julgamentos da matriz de comparação paritária correspondente.

3. O AHP PARA CASOS DE LOCALIZAÇÃO DE PLATAFORMAS LOGÍSTICAS

Problemas complexos, como os de localização de plataformas logísticas, requerem um método conveniente que permita avaliar equivalências entre, custos e benefícios monetários e

fatores qualitativos como, por exemplo, qualidade ambiental. Neste sentido o AHP permite avaliar o problema de plataformas logísticas sob uma ótica mais ampla.

A visão do problema de localização, aplicada às plataformas logísticas, presente neste trabalho estabelece as seguintes diretrizes:

- Definição dos locais candidatos à localização da instalação;
- Determinação dos critérios relevantes no processo de escolha da localização;
- Classificação dos candidatos; e
- Escolha da melhor alternativa de localização.

As plataformas logísticas geram impactos na região do seu entorno. Esses impactos podem ser de ordem social, econômica, ambiental, ou política. Portanto, fica evidente a necessidade de levantar e analisar, cuidadosamente, os vários fatores que influenciam o problema. A fim de elaborar uma lista dos fatores relacionados ao problema de localização de plataformas logísticas, foram selecionados os fatores significativos para o problema em questão a partir da lista genérica dos fatores relevantes na seleção de locais, apresentada anteriormente na Tabela 1. Em relação ao levantamento dos critérios, é importante determinar os envolvidos com o problema e a forma como são afetados.

Após a seleção dos critérios considerados relevantes para o estudo, cabe construir a estrutura hierárquica. O problema em questão gerou uma hierarquia de quatro níveis: objetivo, critérios, sub-critérios e alternativas, conforme mostrado na figura 1.

A identificação da hierarquia constitui um passo importante dentro da resolução do problema, pois permite a decomposição do problema em partes menores, facilitando sua compreensão e tornando o processo de resolução mais transparente.

Na determinação dos fatores relativos ao estudo das plataformas logísticas foram analisadas as diversas atividades inseridas neste tipo de instalação. Para cada um dos critérios selecionados, foram ainda especificadas as particularidades que deveriam ser levadas em consideração. Por exemplo, dentro do critério acessibilidade, devem ser tratadas as características relacionadas a custo, disponibilidade e qualidade. Em relação à questão ambiental, a característica relacionada a impactos gerados pela instalação deve ser tratada.

Após ser construída a estrutura hierárquica, a matriz de comparação é preenchida com base na escala de valores absolutos e, desta forma, calcula-se o autovalor e o autovetor da matriz. Para a formação das matrizes são realizados julgamentos paritários, dois a dois, de cada fator de um nível, em relação a sua importância no nível superior. Depois de obter as matrizes de comparação paritária (MCP) de todos os elementos da hierarquia, cabe determinar as prioridades relativas dos pesos dos fatores de decisão, em cada nível ou grupo, até o nível das alternativas. A síntese das prioridades permite a escolha da melhor alternativa ou a classificação das alternativas consideradas.

Com o propósito de validar a ferramenta de auxílio à tomada de decisão, ou seja, o método AHP, um caso real de localização de plataforma logística, baseado no problema de localização do Entrepasto Terminal São Paulo (ETSP) da CEAGESP, foi estruturado como um caso piloto. A seguir apresenta-se a aplicação do método a esse caso e seus resultados.

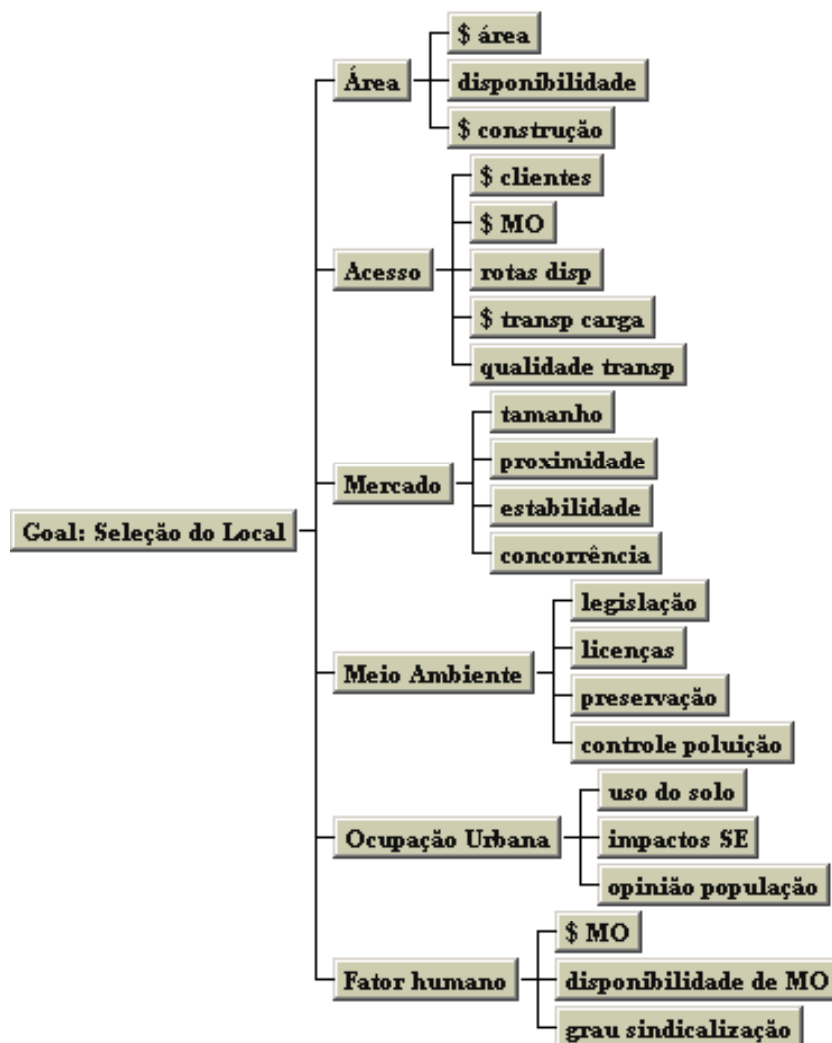


Figura 1: Estrutura hierárquica do Problema de Localização de plataformas logísticas.

4. APLICAÇÃO A UM CASO PILOTO

Primeiramente, um caso piloto foi considerado para aplicação e teste da metodologia proposta. Este piloto foi elaborado nos moldes de um entreposto, mais especificamente, utilizando dados do próprio Entrepósito Terminal São Paulo (ETSP) da CEAGESP. Porém, parte dos critérios foi considerada e estimada hipoteticamente.

O entreposto deste estudo constitui, dentro do conceito previamente definido, um modelo de plataforma logística e está inserido no setor público, sendo uma instalação que reúne várias atividades logísticas, tais como transporte, armazenagem e comercialização, oferecendo bens e serviços à população.

Por se tratar de uma organização inserida no setor público, os custos e benefícios não monetários possuem relevância significativa. Desta forma, os aspectos qualitativos do problema ganham importância e torna-se evidente a necessidade de um método de resolução que seja capaz de tratar tanto aspectos tangíveis quanto intangíveis.

A escolha dos locais candidatos à localização do entreposto foi baseada, em parte, no material do Projeto “Estudos Básicos para Elaboração do Plano Diretor do ETSP da CEAGESP”, realizado pelo LPT/EPUSP (Laboratório de Planejamento e Operação de Transportes / Escola Politécnica da Universidade de São Paulo) em 2003/2004, além de outras fontes de informação disponíveis. Uma das etapas deste projeto foi dedicada ao estudo dos fluxos gerados pelo entreposto, onde foram coletadas informações sobre a origem e o destino das mercadorias comercializadas. Através da análise do fluxo de origem das mercadorias comercializadas, é possível constatar que, do ponto de vista logístico, o Entreposto está bem localizado, uma vez que a maior parte das mercadorias que chegam ao Entreposto é proveniente das rodovias com acesso na região Oeste do município e com acesso fácil à região do ETSP. A análise das regiões de destinos das mercadorias dentro da RMSP permite verificar que as mercadorias são distribuídas de maneira bastante uniforme para todas as zonas e municípios da RMSP, o que sinaliza para um estudo da descentralização das atividades do Entreposto, ou seja, para implantação de outras unidades do mesmo na RMSP.

Com base nessas informações e ainda em discussões informais, foram estabelecidas três alternativas de localização para o entreposto. A primeira delas considera o atual posicionamento do entreposto, na Vila Leopoldina. Esta manutenção da localização atual prevê melhorias e modernização das instalações, com o objetivo principal de gerar uma maior eficiência operacional e melhor nível de serviço aos usuários.. A segunda sugere a mudança do local da instalação, considerando, a princípio, apenas um candidato à nova localização, ou seja, a transferência do entreposto para a região do Rodoanel, seguindo a proposta política responsável pelo surgimento das controvérsias sobre sua localização. E a terceira compreende a descentralização do entreposto, e a conseqüente instalação de novas unidades em pontos estratégicos da RMSP, com a ativação de uma nova unidade na região da zona Leste. Este último cenário busca, entre outras coisas, minimização das distâncias de viagens para os clientes finais do entreposto.

Depois de estabelecidos os locais candidatos para a análise da localização do Entreposto, foram levantados os critérios relevantes para o problema em questão. Na tentativa de modelar o problema de forma mais completa possível, existe a tendência de identificar um grande número de critérios. Enquanto esta ação permite uma melhor definição do problema, implica um aumento significativo no esforço para realização das comparações paritárias. Uma alternativa é criar uma grande lista de critérios e, posteriormente, arranjá-los em grupos significativos.

Para este estudo de caso foi utilizada a estrutura hierárquica definida para problemas de plataformas logísticas. Portanto o entreposto em questão foi analisado através de uma hierarquia de quatro níveis, mostrada na figura 1.

A partir da estrutura hierárquica, as matrizes de comparação paritária foram elaboradas. A figura 2 mostra a ponderação dos pesos atribuída aos critérios em relação ao objetivo final. O julgamento de cada um dos critérios é realizado par a par. A fim de exemplificar como são construídas as MCP para cada um dos níveis da hierarquia, a figura 3 ilustra a MCP de um grupo de sub-critérios em relação ao critério acesso e a figura 4 mostra a MCP de um sub-critério, neste caso a qualidade do transporte de carga em relação a cada uma das alternativas propostas. É importante ressaltar que a atribuição de pesos apresentada contempla fatores

qualitativos e quantitativos e, neste estudo piloto, foram considerados os interesses apenas da administração do entreposto.

CRITÉRIOS	Área	Acesso	Mercado	Meio ambiente	Ocupação urbana	RH
Área	1	1/8	1/7	1/6	1/5	1/5
Acesso	8	1	5	6	7	7
Mercado	7	1/5	1	3	5	5
Meio ambiente	6	1/6	1/3	1	3	3
Ocupação urbana	5	1/7	1/5	1/3	1	1/2
RH	5	1/7	1/5	1/3	2	1

Figura 2: Comparação paritária dos critérios em relação ao objetivo final.

ACESSO	\$ clientes	\$ MO	rotas disponíveis	\$ transporte carga	qualidade transp.
\$ clientes	1	1/3	1/9	1/7	1/5
\$ MO	3	1	1/7	1/5	1/3
rotas disponíveis	9	7	1	6	1/7
\$ transporte carga	7	5	1/6	1	1/3
qualidade transp.	5	3	1/7	1/3	1

Figura 3: Comparação paritária dos critérios em relação ao acesso.

Em relação à qualidade do transporte de carga, é possível assumir que a descentralização (C) acarreta uma sensível perda, como mostra a MCP da figura 4, em relação à manutenção da localização na Vila Leopoldina (A) e mudança para a região do Rodoanel (B). Isso porque, para atender os diversos pontos de venda, o fornecedor talvez seja obrigado a fracionar a carga e transferi-la para veículos menores.

	A	B	C
A		1,0	2,0
B			2,0
C			

INC = 0,00

Figura 4: Comparação paritária das alternativas para a qualidade do transporte de carga.

Na busca da resolução mais completa do problema, é necessário identificar todos os *stakeholders*, que representam todos interessados no processo ou no resultado da decisão. No caso do entreposto, por exemplo, podem-se considerar os fornecedores, permissionários e consumidores (atacadistas e varejistas) pertencentes ao grupo de clientes. Além disso, a administração do entreposto, o governo e a população também fazem parte do grupo dos interessados no processo de decisão. O entreposto constitui uma instalação de grande porte e a questão da sua localização pode gerar grande conflito de interesses. Nesta análise piloto todos os fatores serão julgados considerando-se principalmente os interesses da administração desta organização.

Em relação a eventuais erros contidos na avaliação do peso dos critérios, o AHP requer um nível mínimo de consistência para que o resultado obtido pelo método seja significativo. Caso necessário, a recomendação para a redução do nível de inconsistência está na revisão dos julgamentos da matriz de comparação paritária (MCP) correspondente.

Para a implementação do estudo de caso piloto, foi utilizado o *software* Expert Choice 11, na versão estudantil. O *software* Expert Choice modela automaticamente as matrizes de

comparação, conforme a hierarquia de decisão definida pelo usuário. A seguir, são apresentados os resultados obtidos com a implementação do problema no Expert Choice.

5. RESULTADOS DA APLICAÇÃO

A partir da estrutura hierárquica sugerida para problemas de localização de plataformas logísticas, e da atribuição de julgamentos para os critérios através da matriz de comparação paritária, o *software* Expert Choice foi utilizado para a obtenção de resultados. As figuras 5, 6, 7, 8 e 9 apresentam alguns resultados extraídos na aplicação ao problema proposto.

A figura 5 apresenta, primeiramente, o gráfico de sensibilidade dos critérios e alternativas e também o resultado final obtido na avaliação das alternativas. Entre as alternativas avaliadas e considerando o procedimento adotado no preenchimento das matrizes de comparação paritária, a descentralização do entreposto constitui a melhor alternativa. E a mudança da sua localização para a região do Rodoanel apresenta a pior opção. Em relação à avaliação dos critérios, através deste gráfico, é possível verificar os pesos de contribuição de cada um dos critérios no objetivo final do problema apresentado. Como é possível verificar, o peso atribuído à acessibilidade do local torna este critério bastante relevante no processo de tomada de decisão. Outro critério importante está voltado às condições oferecidas ao mercado consumidor e, por outro lado, como o mercado consumidor pode influenciar na localização da instalação.

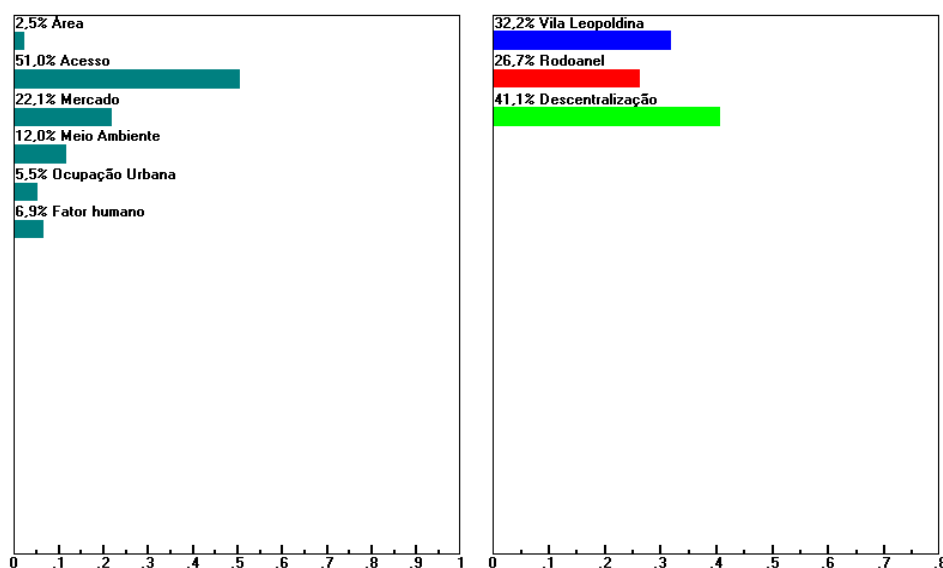


Figura 5: Gráfico de desempenho dos critérios, para cada uma das alternativas.

A figura 6 mostra o desempenho de todos os critérios em cada um dos cenários avaliados. Este gráfico facilita a visualização dos pontos fortes e fracos de cada uma das alternativas.

As figuras 7, 8 e 9 apresentam a comparação dos pesos dos critérios entre as alternativas, duas a duas. Nestes gráficos comparativos, é possível notar que a opção de descentralização é, realmente, a melhor alternativa. E a comparação entre o cenário da Vila Leopoldina e o Rodoanel mostra o resultado favorável para a manutenção do Entrepasto na sua localização atual.

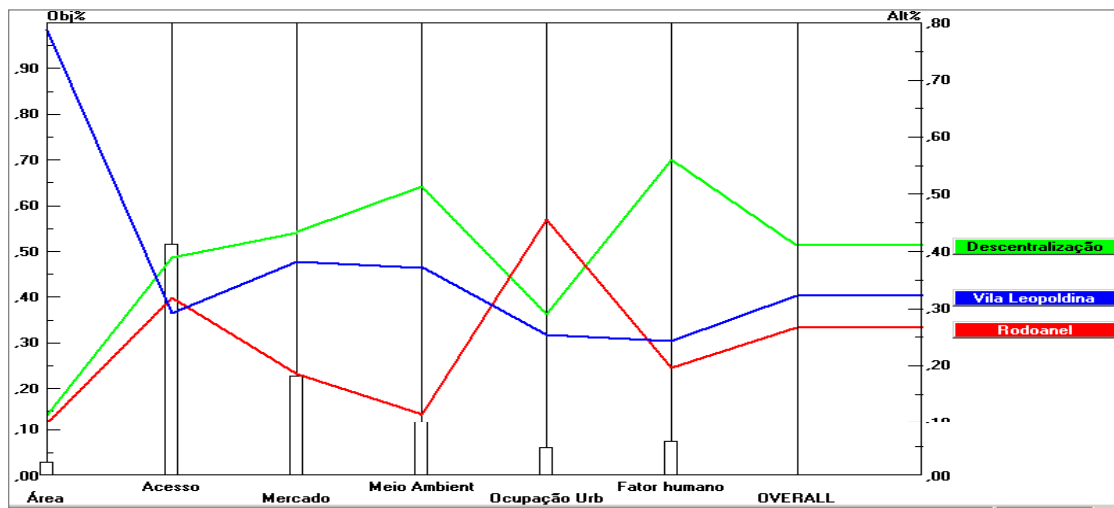


Figura 6: Gráfico de sensibilidade dos critérios e alternativas.

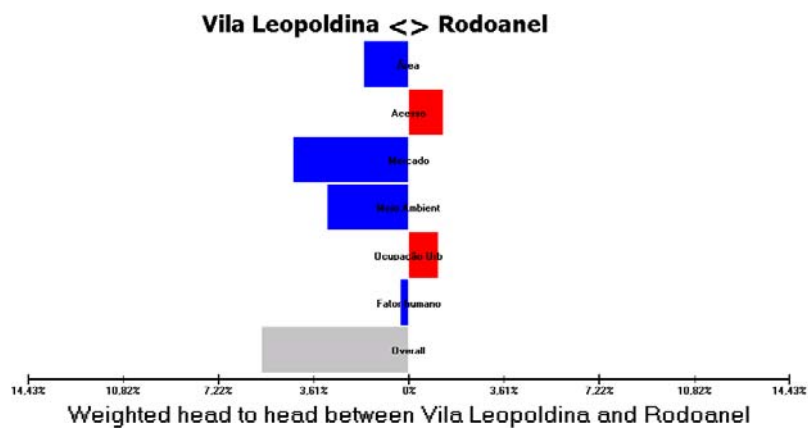


Figura 7: Comparação dos pesos entre as alternativas: Vila Leopoldina x Rodoanel.

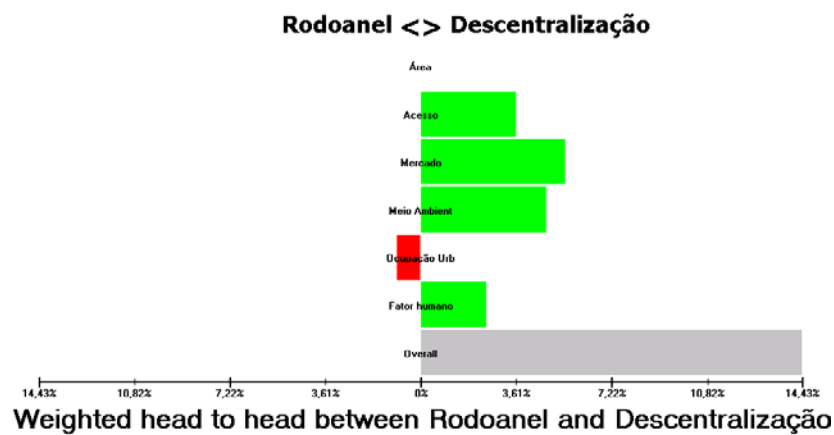


Figura 8: Comparação dos pesos entre as alternativas: Rodoanel x Descentralização.

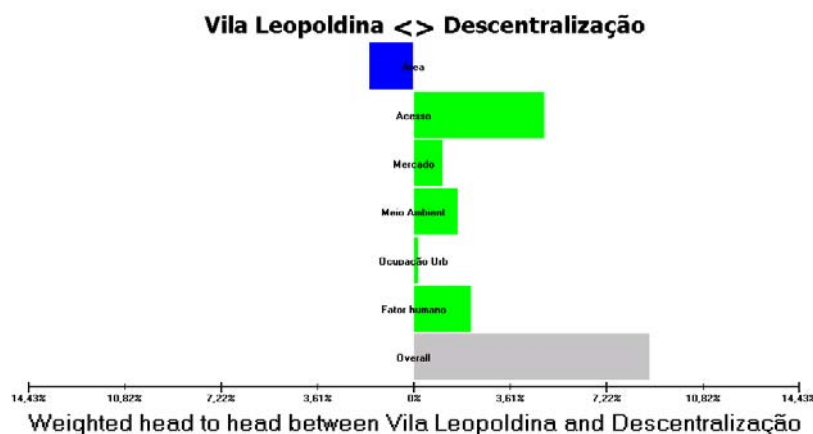


Figura 9: Comparação dos pesos entre as alternativas: Vila Leopoldina x Descentralização.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição que este trabalho pretende oferecer consiste na apresentação e validação de um método de análise multicritério de locais para instalações de plataformas logísticas. É importante destacar que o resultado desta análise é função de uma série de fatores, como a escolha dos critérios, a estruturação desses critérios, os julgamentos de preferências por pares e o método empregado na resolução do problema. O ponto central do trabalho está em lidar com fatores conflitantes dessa localização, e na escolha apropriada desses fatores.

Os resultados obtidos na aplicação feita ao caso do Entrepósito da CEAGESP não devem ser levados em consideração de forma absoluta, uma vez que alguns critérios foram estimados ou considerados hipoteticamente. Entretanto, a aplicação permitiu validar a metodologia selecionada para aplicações em problemas de localização de plataformas logísticas, baseada no *Analytic Hierarchy Process*.

Pretende-se reaplicar esta metodologia ao caso do ETSP da CEAGESP, expandindo o número de alternativas para a seleção de locais, caracterizando melhor os *stakeholders* e aplicando questionários para elaboração das Matrizes de Comparação Paritária, de forma a obter as preferências reais dos tomadores de decisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballou, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial*. – 4ª ed. – Bookman, 2001.
- Belcorso, F. *Modelo para localização geográfica de indústrias baseado em regras difusas*. 2001. 174p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.
- Bhatnagar, R.; Jayaram, J.; Phua, Y. C. Relative importance of plant location factors: a cross national comparison between Singapore and Malaysia. *Journal of Business Logistics*, v. 24, n. 1, 2003.
- CEAGESP. São Paulo. Informações sobre a Companhia de Armazéns Gerais do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.ceagesp.com.br>>. Acesso: 10 de novembro de 2004.
- Chan, Yupo. *Location Theory and decision analysis*. South-western College Publishing, 2001.
- Cho, Keun-Tae; Cho, Yong-Gon. A loss function approach to group preference aggregation in the AHP. In: *International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Bali. 2003.
- Daskin, M. S. *Network and discrete location – models, algorithms and applications*. John Wiley & Sons, New York. 1995.
- Expert Choice Inc. Software Expert Choice Educational Version 11. Disponível em: <<http://www.expertchoice.com/software/>>. Acesso em: 20 de março de 2005.

- Galvão Jr., Flávio A.; Gualda, Nicolau D. F.; Cunha, Cláudio B. An Application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) for Locating a Distribution Center. In: *International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Bali. 2003.
- Gualda, N. D. F. *Terminais de Transporte: contribuição ao planejamento e dimensionamento operacional*. 1995. 277p + anexos. Tese (Livre-docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1995.
- Hartman, D. H.; Goltz, M. N. (Ed.) Application of the Analytic Hierarchy Process to select characterization and risk-based decision making and management methods for hazardous waste sites. *Environ Eng Policy*, v. 3, pg. 1-7, 2002.
- Iañez, M. M. *Uma contribuição ao processo decisório de terceirização de atividades logísticas*. 2002. 230p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- Kabir, A. B. M. Z.; SHIHAN, S. M. A. selection of renewable energy sources using Analytic Hierarchy Process. In: *International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*, Bali. 2003.
- Lopez, R. A.; Henderson, N. R. The determinants of location choices for food processing plants. *Agribusiness*, v. 5, n. 6, pg. 619-632, 1989.
- Malczewski, J. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. John Wiley & Sons, New York. 1999.
- Min, H. Location Analysis of international consolidation terminals using the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Business Logistics*, v.15, n. 2, pg. 25-44, 1994.
- Morita, Hideyuki. *Revisão do Método da Análise Hierárquica – MAH (AHP - Analytic Hierarchy Process)*. 1998. 129p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.
- Saaty, T. L. *Método de Análise Hierárquica*. Editora Makron, São Paulo. 1991.
- Targa, D. *Tomada de decisão sobre múltiplos critérios utilizando o processo de análise hierárquica (AHP) para escolha de sítio aeroportuário*. Trabalho apresentado na disciplina PTR-5732. São Paulo, 2004. Não Publicado.
- Tondo, C. M. *Um modelo matemático para a localização estratégica de terminais de contêineres no interior: aplicação ao Estado de São Paulo*. 1992. 115p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1992.
- Vallim Filho, A R A. *Localização de centros de distribuição e carga – contribuições à modelagem matemática*. 2004. 286p (edição revisada). Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
- Wanke, P. Aspectos fundamentais do problema de localização de instalações em redes logísticas. *CEL (Centro de Estudos em Logística – COPPEAD/UFRJ)*, 2003. Disponível em: < <http://www.cel.coppead.ufrj.br> >. Acesso em: 22/03/05.
- Yang, J.; Lee, H. A AHP decision model for facility location selection. *Facilities*, v. 15, iss. 9/10, pg.241, 1997.

Endereços dos autores:

Bianca de Cássia Romero
bianca.romero@poli.usp.br

Nicolau D. Fares Gualda
ngualda@usp.br