

O TRANSPORTE PÚBLICO INDIVIDUALIZADO EM UMA AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA TRANSPORTE EM CIDADES MÉDIAS

AUTORES: Leonardo Hitoshi Hotta
Antônio Néilson Rodrigues da Silva

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar um método para selecionar tecnologias mais adequadas para o transporte público urbano. A metodologia emprega para análise a técnica conhecida como *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e considera a adoção de uma nova tecnologia, denominada Transporte Público Individualizado (TPI) ou *Personal Rapid Transit* (PRT), como potencial substituto do ônibus. A estrutura desenvolvida para a metodologia contemplou a seleção de critérios, a determinação dos pesos dos critérios, o levantamento dos dados de cada tecnologia para comparação, a comparação dos dados das tecnologias dentro de cada critério e, por fim, a determinação da tecnologia mais adequada. Dois grupos de avaliadores foram considerados: pesquisadores especialistas em transporte público e usuários. A avaliação final deu ao TPI uma ligeira vantagem para os dois grupos, o que pode evidenciar a necessidade de se modificar o conceito de transporte público urbano.

ABSTRACT

The objective of this work was the development and application of a method to select more adequate technologies for urban public transportation. The methodology is based on the technique known as *Analytic Hierarchy Process* (AHP), which considers here the adoption of the new technology of *Personal Rapid Transit* (PRT) as a potential candidate to replace the traditional bus technology. The framework developed for the methodology had the following phases: selection of criteria, identification of criteria weights, identification and comparison of the characteristics of each technology under comparison, and determination of the best alternative. Two groups of evaluators were considered in the analysis: experts and regular users of urban public transportation. The final outcome of the evaluation has shown a slight advantage to PRT for both groups, what can suggest the need for changing the current view of urban public transportation.

1. INTRODUÇÃO

Com o contínuo aumento de pessoas morando em áreas urbanas e conseqüentemente do seu tamanho, as cidades ao redor do mundo têm enfrentado muitos problemas para fornecer transporte eficaz para a população. Em decorrência disso, o transporte trouxe uma série de problemas: congestionamentos, acidentes, poluição, perda de qualidade de vida e custos crescentes.

Estes problemas são agravados pelo uso cada vez mais intenso do transporte individual em detrimento do transporte público, já que este não tem os atrativos do transporte individual, que permite maior flexibilidade no tempo e no espaço, além de oferecer deslocamento porta a porta, conforto, privacidade, agilidade e supostamente conferir status para o proprietário. Porém o transporte individual trouxe uma série de conseqüências negativas, tais como: aumento da poluição e do consumo de energia, quase que exclusivamente de fontes não-renováveis. É um meio excludente, uma vez que parcela representativa da população não pode conduzir um veículo.

Diante do exposto, uma alternativa que surge como opção é um sistema de transporte intermediário ao transporte público e individual. Uma alternativa que tem sido pesquisada é o Transporte Público Individualizado (TPI), que pode ser considerado público, uma vez que é disponível a todos que podem contratar este serviço, e individual, porque é oferecido para grupos de uma a quatro pessoas por viagem (Hotta *et al.*, 2005; Wyatt, 2007).

Antes de sua implementação, no entanto, é necessário verificar se este sistema pode substituir o sistema de transporte público existente de forma satisfatória. Para isso é necessário avaliar o seu potencial, em termos comparativos. Com este objetivo será feita, neste trabalho, a aplicação de uma metodologia para seleção de sistemas de transporte público urbano que permita a comparação de novas tecnologias, baseada em avaliação multicritério ou multiobjetivo, que é uma forma de avaliação que se baseia em diversos aspectos, tais como econômicos, ambientais, sociais, etc. Como subprodutos desta pesquisa será possível identificar os aspectos importantes para avaliação de novas tecnologias em transporte público e determinar potencialidades de cada sistema e deste modo sugerir aperfeiçoamentos para os sistemas.

Para apresentar a pesquisa realizada, este documento está dividido em seis itens. Após essa breve introdução são apresentadas as principais características da nova tecnologia abordada. No item seguinte, discute-se o procedimento de avaliação empregado, cujos detalhes de aplicação no caso estudado são explicitados no item quatro, que trata da metodologia. Na seqüência são apresentados e discutidos os principais resultados, dos quais são extraídos os elementos que dão suporte às conclusões discutidas no item seis. Finalmente, o último item contém a lista de referências bibliográficas citadas no texto.

2. TRANSPORTE PÚBLICO INDIVIDUALIZADO

O Transporte Público Individualizado (TPI) também é conhecido como *Personal Rapid Transit* (PRT) ou *Personal Automated Transit* (PAT). Segundo Kieffer (1988), são características que definem o sistema do TPI: veículos com capacidade para até quatro pessoas, totalmente automatizados, sem condutores humanos e que percorrem vias próprias, elevadas, subterrâneas ou ao nível da rua. Os veículos podem percorrer toda a rede e parar em qualquer das estações, as quais se situam fora da linha principal, oferecendo viagem entre origem e destino sem a necessidade de transferência ou paradas em estações intermediárias. Pode ainda estar disponível por demanda, segundo o desejo do usuário, ou em horários fixos como um ônibus.

O projeto ULTra (*Urban Light Transport*) foi iniciado em 1995, numa parceria da empresa *Advanced Transport System Ltd* (ATS) e a Universidade de Bristol. Os testes foram iniciados em Cardiff, onde foi construída uma pista de 1,0 km, parte em via elevada com 5,7 m acima do nível de rua e parte ao nível da rua, com subidas e descidas, curvas em ambas as direções e uma estação (Figura 1a). Os testes duraram dois anos e os dois veículos usados para testes não apresentaram nenhuma falha. Esses veículos (Figura 1b) possuem capacidade para quatro assentos com cintos e reclináveis, ou carga até 500 kg, e atingem uma velocidade de 40 km/h. O veículo pode ser acessível por cadeirantes e levar bicicletas. O motor é elétrico, movido a bateria de 2 kW. O comprimento do veículo é de 3,70 m, a largura é de 1,40 m e a altura é de 1,80 m. O veículo emite 43 dBA a uma distância de 2,5 m, não emite poluentes e o consumo de energia é de 0,55 MJ por passageiro x km.

A via é segregada do trânsito, pode ter raio de curvatura mínima igual a 5,00 m. A largura total da via é 2,10 m, a largura da via, quando em nível da rua, é de 1,75 m, a largura da pista interna é de 1,60 m e a altura é de 0,25 m. Com pneus de borracha, o veículo tem capacidade para subir rampas com até 20 %, mas por questões de conforto, são admitidas rampas máximas de 10 % em aclave e 6,25 % em declive.



Figura 1 – Vista geral do projeto ULTra (a) e detalhe do veículo (b)

O controle central gerencia a frota de veículos de forma sincronizada: cada veículo recebe informação do ponto onde está parado e o veículo só partirá quando houver uma rota livre. Este controle também gerencia o tráfego de veículos vazios e os direciona para os locais com demanda. Para o veículo manter a trajetória, o veículo possui um sistema de condução que controla a transmissão e a direção, que usa um sensor de posição lateral. A via possui um conjunto de laços indutivos que interagem com sensores a laser ou ultra-som, operando por blocos fixos, semelhantes à operação de trens. Os blocos fixos são definidos pelos laços indutivos ajustados na via que interagem com os sensores no veículo.

3. AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO

O objetivo da análise multicritério é identificar e selecionar a melhor alternativa de ação quando confrontado com um problema complexo de decisão que envolve objetivos múltiplos e talvez conflitantes (Rabbani; Rabbani, 1996). Existem inúmeras técnicas de análise multicritério ou multiobjetivo. Uma das técnicas é o AHP (*Analytic Hierarchical Process*). O método AHP, desenvolvido por Thomas Saaty, baseia-se em uma matriz quadrada $n \times n$, de comparação entre os n critérios, onde as linhas e as colunas correspondem aos critérios (na mesma ordem ao longo das linhas e das colunas). Os elementos a_{ij} da matriz representam a importância do critério na linha i em relação ao da coluna j (SANTOS, 2005). A escala de importância foi definida por Saaty como na Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de importância definida por Saaty

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância mínima de um sobre outro	A experiência e o julgamento favorecem ligeiramente uma atividade sobre a outra
5	Muita importância de um sobre outro	A experiência e o julgamento favorecem muito uma atividade sobre a outra
7	Grande importância	Uma atividade é predominante sobre a outra
9	Importância absoluta	Uma atividade é praticamente absoluta sobre a outra

Podem ser usados 2, 4, 6 ou 8 como valores intermediários. Os critérios serão avaliados de forma recíproca, ou seja, se um critério é n vezes mais importante que outro, este deve ser $1/n$ vezes mais importante que aquele critério. O elemento da diagonal é sempre igual a 1.

De forma sintetizada, pode-se descrever o processo de atribuição de pesos da seguinte forma (SANTOS, 2005):

1. Construção da matriz de comparação par a par;
2. Cálculo do autovetor (no original, *eigenvector*) principal;
3. Cálculo do máximo autovalor (no original, *eigenvalue*);
4. Cálculo do Índice de Consistência (CI – *Consistency Index*);
5. Cálculo do Índice de Aleatoriedade (RI – *Random Index*);
6. Cálculo do Grau de Consistência (CR – *Consistency Ratio*);
7. Eventual reavaliação da matriz de comparação se CR superior a 0,1.

Esta técnica será utilizada na metodologia para avaliar qual a tecnologia mais adequada para este estudo de caso.

4. METODOLOGIA

Este capítulo descreve o método adotado para a seleção e avaliação de uma tecnologia para transporte público urbano. A estrutura desenvolvida para a metodologia contemplou a seleção de critérios, a determinação dos pesos dos critérios, o levantamento dos dados de cada tecnologia para comparação, a comparação dos dados das tecnologias dentro de cada critério e, por fim, a determinação da tecnologia mais adequada.

Os critérios foram selecionados a partir do conceito de mobilidade urbana sustentável, que, de forma resumida, pode ser definida como exercício do direito ao deslocamento por toda a sociedade sem prejuízo ao ambiente e gerações futuras. Pode-se dizer que existem três dimensões principais dentro do conceito de mobilidade urbana sustentável:

- *Dimensão social*: que busca satisfazer as necessidades de mobilidade e acessibilidade da sociedade.
- *Dimensão ambiental*: que trata do uso de recursos e preservação do ambiente.
- *Dimensão econômica*: que trata do transporte enquanto atividade econômica, ou seja, trata-se de sua viabilidade econômico-financeira.

Para este trabalho foram selecionados critérios que buscam refletir cada uma destas dimensões. Para a dimensão social, buscou-se critérios que indicam a capacidade da tecnologia em servir ao usuário com qualidade. Para a dimensão ambiental foram escolhidos critérios que refletem o impacto do sistema no ambiente. Na dimensão econômica foram selecionados indicadores relacionados aos custos para os usuários e gestor do sistema.

Segundo Ferraz e Torres (2001), são doze os principais fatores que influem na qualidade do transporte público urbano: acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, características dos veículos, características dos locais de parada, sistema de informações, transbordabilidade, comportamento dos operadores e estado das vias.

Para Arias (2001), os impactos ambientais são causados por transformações nas condições qualitativas no ambiente físico e no contexto social e cultural da área, ocasionadas pela implantação do sistema de transporte e pelas mudanças na configuração urbana oriundas da variação de acessibilidade. Neste trabalho são considerados os seguintes critérios dentro da dimensão ambiental: intrusão visual, adequação à estrutura urbana, consumo de energia, poluição atmosférica e poluição sonora.

Segundo Ferraz e Torres (2001), os projetos de transporte envolvem, em geral, investimentos em infra-estrutura e veículos. Os custos que correspondem à infra-estrutura são: planejamento, projetos, implantação e operação. Na operação estão incluídos os custos de manutenção e administração. Os custos associados aos veículos de transporte são: aquisição e operação (o qual inclui manutenção e administração). Para efeito deste

trabalho, os elementos considerados são: tarifa, subsídio, custo de implantação e custo de operação e manutenção.

Após a seleção dos critérios, foram montadas planilhas para a determinação do peso relativo dos critérios selecionados. A pesquisa consistia em duas fases: na primeira fase o avaliador determinava o peso relativo dos aspectos econômico, ambiental e operacional. Na segunda fase, o avaliador comparava os atributos dentro de cada aspecto. Esta escolha foi feita para facilitar a determinação dos pesos de todos os critérios considerados relevantes.

Durante a construção das planilhas usadas para a determinação dos pesos, foram adotadas algumas soluções que buscavam facilitar a sua construção e manuseio, além de comentários que foram introduzidos com o objetivo de melhorar a compreensão por parte dos avaliadores. Foram escolhidos dois grupos de avaliadores distintos:

1. Pesquisadores: Foram selecionados, após consulta à plataforma Lattes do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), especialistas em transporte público urbano.
2. Usuários: Foram selecionados usuários cativos de ônibus em São Carlos. Este grupo basicamente foi composto de trabalhadores e estudantes.

Aos avaliadores foi solicitado realizar comparações par a par entre os critérios selecionados sob o ponto de vista do gestor de um sistema de transporte público. Para a pesquisa, o avaliador analisava cada célula, na qual aparecia uma questão relativa à comparação. Para a resposta, o avaliador selecionava o valor da escala que acreditava ser mais adequado à resposta. Durante o preenchimento da planilha o avaliador podia acompanhar o Grau de Consistência de seu julgamento. Caso este valor fosse superior a 0,1, o avaliador era alertado e convidado a refazer seus julgamentos. Quando o valor do Grau de Consistência fosse inferior ao especificado, o avaliador era avisado que o processo havia terminado.

Após o término do processo, o avaliador devolvia a planilha preenchida. Esta foi processada e foram determinados os pesos de cada critério para cada avaliador. Os pesos finais foram determinados a partir de média aritmética de todas as avaliações. Para determinar a tecnologia mais adequada para transporte público urbano em cidades médias foi necessário o levantamento dos dados de cada atributo. Para a comparação entre as tecnologias foi realizada uma avaliação semelhante à avaliação anterior e novamente aplicado o método AHP, porém para comparar os dois sistemas. Os dados dos atributos de cada sistema foram confrontados de acordo com a escala da Tabela 2.

Tabela 2 – Escala de importância de projeto

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Equivalentes	Os dois projetos são equivalentes
3	Superioridade mínima de um sobre outro	A experiência e o julgamento favorecem ligeiramente um projeto sobre o outro
5	Um é superior ao outro	A experiência e o julgamento favorecem um projeto sobre o outro
7	Grande superioridade	Um projeto é muito superior ao outro
9	Superioridade absoluta	Um projeto é desprezível em relação ao outro

Foram montadas planilhas similares às descritas anteriormente e respondidas pelos mesmos avaliadores, pesquisadores e usuários, que participaram da pesquisa anterior. As planilhas foram recolhidas e processadas de forma similar à avaliação anterior. O produto

final foi uma matriz que confrontou os atributos de cada tecnologia. Tendo o peso relativo de cada critério, determinou-se qual das tecnologias seria considerada mais adequada para o transporte público em São Carlos.

5. RESULTADOS E ANÁLISES

Após a elaboração da planilha para a obtenção dos pesos dos atributos, esta foi enviada para um total de 46 pesquisadores, dos quais obteve-se a resposta de 15 pesquisadores. A mesma planilha foi aplicada em um grupo de 15 usuários cativos (estudantes e trabalhadores) de ônibus em São Carlos. Cada planilha foi processada e a partir daí, determinado o peso para cada atributo. Em primeiro lugar foram comparados os aspectos *econômico*, *ambiental* e *social*, e foi obtido o resultado apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Peso relativo dos aspectos econômico, ambiental e social

Aspecto	PESQUISADOR				USUÁRIO			
	Médio	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Médio	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Econômico	0,455	0,751	0,105	0,229	0,371	0,730	0,055	0,214
Ambiental	0,311	0,714	0,070	0,228	0,269	0,730	0,067	0,235
Social	0,233	0,637	0,059	0,164	0,360	0,714	0,081	0,173

Para o grupo de pesquisadores, nota-se que o aspecto *econômico* é o mais importante, seguido do aspecto *ambiental* e pelo aspecto *social*. Convém lembrar que a avaliação não é homogênea, como pode ser visto pelos máximos, mínimos e desvio padrão. Para o grupo de usuários, o aspecto *social* é tão importante quanto o *econômico* e estes são mais importantes do que o aspecto *ambiental*. Também entre os usuários não houve uma avaliação homogênea.

Para a matriz dos atributos foi obtido o resultado apresentado na Tabela 4. Para os pesquisadores, o atributo *tarifa* é o mais importante dentre os do aspecto econômico, sendo seguido pelo *custo de operação e manutenção* e *custo de implantação*, que possuem importância relativa semelhante. O atributo menos importante é o *subsídio*, na visão do grupo de pesquisadores. Mais uma vez é importante ressaltar que a avaliação não é homogênea. Para os usuários, o atributo mais importante é a *tarifa*, uma vez que é o atributo mais facilmente percebido pelos mesmos. Os outros três atributos têm importância semelhante entre si.

Para os pesquisadores, os atributos mais importantes no aspecto ambiental são *adequação à estrutura urbana*, *consumo de energia* e *poluição atmosférica*: o primeiro é uma preocupação constante no meio acadêmico e os dois últimos são problemas amplamente debatidos pela sociedade. Bem menos importante, o atributo *poluição sonora*, que ainda não configura um problema em cidades de porte médio e, por último, o atributo *intrusão visual* que é um problema pouco debatido no Brasil. Nestes atributos houve uma maior homogeneidade nas avaliações.

Diferente do resultado obtido na avaliação por parte dos pesquisadores, a *poluição atmosférica* e a *poluição sonora* são os atributos mais importantes no aspecto ambiental para os usuários, talvez por serem mais perceptíveis ao cidadão comum. O *consumo de energia*, como já dito, passa por um amplo debate na sociedade. A *adequação à estrutura urbana* e a *intrusão visual* tem pequena importância, uma vez que a grande maioria dos avaliadores não encara esses fatores como problemas.

Para os pesquisadores, o atributo “social” mais importante é a *segurança* e, em seguida, o *tempo de viagem*, a *acessibilidade*, a *freqüência* e a *confiabilidade*. Nesta

avaliação, houve uma nítida divisão entre a importância relativa dos atributos: o grupo dos atributos mais importantes (*segurança, tempo de viagem, acessibilidade, frequência e confiabilidade*) e, em outro grupo, os atributos menos importantes (*lotação, transbordabilidade, tecnologia do veículo, condição da via, sistema de informações, características da parada e comportamento do operador*).

Tabela 4 – Peso relativo dos atributos

	Atributo	PESQUISADOR				USUÁRIO			
		Médio	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	Médio	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Econômico	Tarifa	0,366	0,712	0,073	0,195	0,420	0,750	0,043	0,222
	Subsídio	0,184	0,522	0,036	0,164	0,199	0,635	0,048	0,188
	Implantação	0,218	0,548	0,077	0,132	0,190	0,390	0,067	0,094
	Oper./Manut.	0,232	0,461	0,055	0,145	0,191	0,402	0,040	0,127
Ambiental	Intrusão visual	0,062	0,112	0,032	0,022	0,084	0,258	0,030	0,076
	Estrutura urbana	0,270	0,503	0,043	0,141	0,134	0,502	0,043	0,114
	Consumo energia	0,257	0,434	0,071	0,111	0,205	0,444	0,057	0,107
	Pol. atmosférica	0,240	0,391	0,043	0,087	0,311	0,572	0,060	0,147
	Pol. sonora	0,172	0,308	0,070	0,076	0,266	0,664	0,071	0,178
	Acessibilidade	0,107	0,171	0,024	0,049	0,080	0,141	0,015	0,041
	Frequência	0,106	0,212	0,021	0,051	0,086	0,189	0,012	0,051
	Tempo	0,108	0,209	0,043	0,050	0,126	0,379	0,040	0,084
	Lotação	0,082	0,229	0,042	0,050	0,096	0,267	0,034	0,040
	Confiabilidade	0,105	0,165	0,042	0,032	0,088	0,230	0,012	0,061
	Segurança	0,157	0,285	0,072	0,071	0,090	0,248	0,033	0,061
	Veículo	0,062	0,129	0,019	0,029	0,070	0,189	0,014	0,046
	Parada	0,049	0,129	0,019	0,029	0,076	0,147	0,015	0,046
Social	Informação	0,055	0,129	0,018	0,034	0,031	0,070	0,010	0,020
	Transbordabilidade	0,074	0,220	0,016	0,058	0,119	0,198	0,014	0,052
	Operador	0,037	0,084	0,015	0,017	0,050	0,111	0,015	0,026
	Via	0,058	0,122	0,019	0,029	0,088	0,181	0,010	0,054

Os usuários avaliaram que os atributos mais importantes são o *tempo de viagem* e a *transbordabilidade*. Isso é explicado pelo fato de que as viagens de ônibus são demoradas em função do tamanho da cidade, e que os usuários avaliam que o transbordo é incômodo. Os atributos *lotação, segurança, estado das vias, confiabilidade, frequência, acessibilidade e características da parada* vêm a seguir como as mais importantes.

A avaliação por parte dos usuários de que a *lotação* e o *estado da via* são tão importantes quanto a *segurança, a confiabilidade, a frequência e a acessibilidade* dá-se pelo fato de que existe certo desconforto durante a viagem com estes dois atributos. Vale lembrar que se tratam de usuários cativos que utilizam o transporte coletivo durante o horário de pico e que o estado da superfície de rolamento do pavimento encontra-se inadequado em grande parte das vias.

O resultado final da determinação dos pesos relativos dos atributos, que se encontra no Figura 2, aponta, para ambos os grupos, que o atributo mais importante é a tarifa. De modo geral, para o grupo de pesquisadores, os atributos do aspecto econômico são os mais importantes, seguidos dos atributos do aspecto ambiental e por último, os atributos do

aspecto social. Para o grupo de usuários, os atributos do aspecto ambiental são tão importantes quanto os do aspecto econômico e os atributos do aspecto social têm uma importância bem maior do que para os pesquisadores.

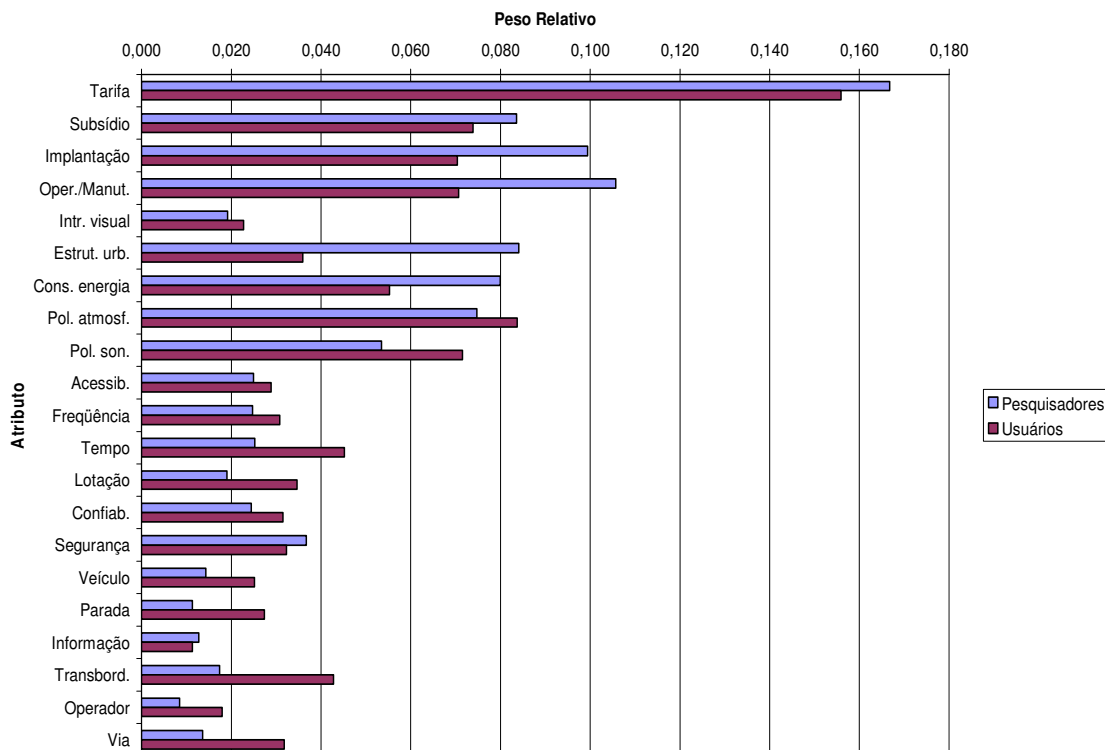


Figura 2 – Peso relativo dos atributos

A segunda fase da pesquisa consistia na comparação entre as tecnologias dentro de cada atributo. A planilha elaborada para esta fase foi enviada aos 15 pesquisadores que participaram da primeira fase, obtendo-se a resposta de 11 deles, e foi respondida pelos 15 mesmos usuários que participaram da fase inicial. O resultado final é apresentado na Tabela 5.

Em termos gerais, as avaliações das tecnologias foram semelhantes. A única inversão de preferência na avaliação foi detectada no atributo *adequação à estrutura urbana*, na qual os pesquisadores avaliaram que a alternativa TPI é mais interessante que a alternativa ônibus. Os usuários avaliaram que a modificação necessária para a implantação do TPI causaria transtornos às suas rotinas e à cidade.

De posse dos pesos relativos e da comparação entre as tecnologias, foi possível determinar a tecnologia mais adequada para uma cidade de porte médio. A Tabela 6 mostra o resultado final, que aponta que o TPI é ligeiramente superior ao ônibus, tanto na avaliação por parte dos pesquisadores quanto por parte dos usuários, sendo que a avaliação dos usuários leva a uma superioridade ainda maior por parte do TPI sobre o ônibus.

Tabela 5 – Avaliação das tecnologias

Atributo	Pesquisador		Usuário	
	Ônibus	TPI	Ônibus	TPI
Tarifa	0,500	0,500	0,500	0,500
Subsídio	0,703	0,297	0,726	0,274
Custo de Implantação	0,789	0,211	0,779	0,221
Custo de Operação	0,722	0,278	0,733	0,267
Intrusão Visual	0,399	0,601	0,488	0,512
Estrutura Urbana	0,403	0,597	0,611	0,389
Consumo de Energia	0,158	0,842	0,217	0,783
Poluição Atmosférica	0,153	0,847	0,132	0,868
Poluição Sonora	0,139	0,861	0,187	0,813
Acessibilidade	0,500	0,500	0,500	0,500
Freqüência	0,202	0,798	0,264	0,736
Tempo de Viagem	0,320	0,680	0,253	0,747
Lotação	0,305	0,695	0,320	0,680
Confiabilidade	0,268	0,732	0,294	0,706
Segurança	0,447	0,553	0,352	0,648
Veículo	0,228	0,772	0,189	0,811
Parada	0,500	0,500	0,500	0,500
Sistema de Informação	0,500	0,500	0,500	0,500
Transbordabilidade	0,318	0,682	0,238	0,762
Operador	0,249	0,751	0,333	0,667
Via	0,323	0,677	0,274	0,726

Tabela 6 – Comparação entre as tecnologias

	Pesquisador		Usuário	
	Ônibus	TPI	Ônibus	TPI
Total	0,452	0,548	0,422	0,578

6. CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi desenvolver e aplicar uma metodologia para selecionar tecnologias mais adequadas para o transporte público urbano. O uso de AHP mostrou-se eficaz para este propósito, uma vez que foi possível comparar atributos de diversas naturezas entre si.

O resultado final apontou que, para os dois grupos, o atributo mais importante é a *tarifa*. Para os pesquisadores, os atributos econômicos são os mais importantes, em seguida os atributos ambientais e por último, os atributos sociais, refletindo a avaliação inicial. Para os usuários, depois da *tarifa*, os atributos econômicos e ambientais intercalaram-se em importância. E os atributos sociais ficaram em posição de menor importância.

Pode-se avaliar que, dada a quantidade de atributos sociais, estes tiveram menor importância relativa. Esta é uma falha desta avaliação. Uma pesquisa com menor quantidade de atributos sociais poderia apontar para um outro resultado.

Os dois grupos avaliaram de forma semelhante as duas tecnologias, e a única diferença ficou por conta do atributo *adequação à estrutura urbana*, em que os pesquisadores avaliaram que o TPI seria mais adequado à cidade do que o ônibus. Os usuários avaliam que a implantação do TPI traria modificações e isso torna o sistema um tanto quanto indesejado. Os usuários ainda não vêem a cidade como um ambiente insustentável.

A avaliação final deu ao TPI uma ligeira vantagem no conceito dos dois grupos. Isso pode evidenciar a necessidade de se modificar o conceito de transporte público urbano. A vantagem na avaliação do TPI deu-se no aspecto ambiental e social, uma vez que as características do TPI são amplamente favoráveis nos aspectos citados. Ainda o grande entrave à implantação do TPI é o aspecto econômico, uma vez que possui um custo relativamente alto e que, como outras tecnologias sobre trilhos, não pode ser construída por etapas. Um exame mais amplo nos custos, envolvendo infra e superestrutura viária, veículos, centro de controle e operação, redução em tempo de viagem, acidentes, espaço urbano consumido para circulação e estacionamento, pode tornar o TPI mais atraente em termos econômicos para a sociedade.

Este trabalho aponta para a necessidade de buscar alternativas tecnológicas inovadoras como forma de prover um transporte de melhor qualidade para as pessoas. O resultado obtido na avaliação mostra que o TPI é uma alternativa interessante de transporte público urbano. Isso dá novo alento a prosseguir com pesquisas em soluções tecnológicas diversas ao que existe atualmente e que vão ao encontro da busca por um transporte público de qualidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio concedido em diferentes fases da pesquisa que deu origem a este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Advanced Transport Systems Ltd (2003) **Summary report on ULTra passenger trials**, Alpenfels, Bristol, Reino Unido.

Arias, Z. P. (2001) **Transporte coletivo público urbano: seleção de alternativas**. Dissertação (Mestrado). Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro. 179 p.

Ferraz, A. C. P.; Torres, I. G. E. (2001) **Transporte Público Urbano**. Editora RiMa, São Carlos, Brasil.

Hotta, L. H; Saunders, M. J.; Silva, A. N. R (2005) **Transporte público individualizado: sonho intangível ou necessidade urgente?** In: Congreso Latinoamericano de Transporte Publico y Urbano, 13, Lima, Perú, 2005. Memorias... (em CD-ROM). Lima, CIDATT – Centro de Investigación y de Asesoría del Transporte.

Kieffer, J. (1988) Minimum Essential Features of PRT. **Journal of Advanced Transportation**, Advanced Transit Association, v. 2, n. 3., pp 192-314.

Lowson, M. (2003) **A new approach to effective and sustainable urban transport**, paper 03-2140, Proceedings of the Transportation Research Board, January 12-16, 2003. Washington, D.C., Estados Unidos da América.

Parent, M.; Daviet, P. (1996) **Automated urban vehicles: towards a dual mode PRT**, Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Abril de 1996, Minneapolis, Estados Unidos.

- Rabbani, S. J. R. e Rabbani, S. R. **Decisions in transportation with the Analytic Hierarchy Process**. UFPB/CCT, Campina Grande, 1996.
- Santos, V. S. (2005) **Modelagem da geração e distribuição para escolas utilizando Cellular Automata e avaliação multicritério**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 104 p.
- Rodrigues, M. O. **Avaliação da qualidade do transporte coletivo da cidade de São Carlos**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 74 p.
- Schneider, J. B. (2005) **Morgantown group rapid transit (GRT) system** - <http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/morg.htm>.
- Taxi 2000 Corporation, **The SkyWeb Express**, <http://www.skywebexpress.com>.
- Tegner, G. (2004) **Comparison of costs between bus, PRT, LRT and metro/rail** - [washington.edu/jbs/itrans/gorancomp.htm](http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/gorancomp.htm).
- Vuchic, V. R. (1981) **Urban Public Transportation – Systems and Technology**. Prentice-Hill. New Jersey, Estados Unidos da América.
- Wyatt, R. (2007) **Is personal rapid transit (PRT) inevitable?** In: Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 10, Foz do Iguaçu, Brasil, 2007. Proceedings... (em CD-ROM). São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- Wilde, W. A. (1998) The simple compelling case for PRT, **Journal of Advanced Transportation**, Advanced Transit Association, v. 32, n. 1.
- Yoder, S. L., Weseman, S.E., DeLaurentiis, J., (2000) **Capital costs and ridership estimates of personal rapid transit**, Transportation Research Record, number 1704, pp 58-67, Transportation Research Board, Washington, D.C., Estados Unidos da América.
- Zarattini, C. (2004) Circular (ou não) em São Paulo. **Revista dos Transportes Públicos**, n 101, pp. 47-64, Associação Nacional dos Transportes Públicos, São Paulo, Brasil.
- Zuylen, H. van; Ouwchand, A. (2004) **The innovation process for Personal Rapid Transit in Eindhoven**, Delft University of Technology, Delft, Holanda.

AUTORES - CURRICULUM VITAE

LEONARDO HITOSHI HOTTA, Engenheiro Civil, é aluno do curso de Mestrado em Transportes da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Atua ainda como Engenheiro de Trânsito na Prefeitura da cidade de São Carlos.

ANTÔNIO NÉLSON RODRIGUES DA SILVA, Arquiteto, Mestre e Doutor em Transportes, é Professor Associado da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Ministra atualmente no curso de graduação de Engenharia Civil as seguintes disciplinas: *Planejamento e Análise de Sistemas de Transportes e Aeroportos, Portos e Vias Navegáveis*. É também responsável pelas disciplinas *Planejamento Urbano e Transportes e Os Sistemas de Informação Geográfica e a Engenharia de Transportes* na área de Pós-Graduação em Transportes. Além de ser autor de inúmeros trabalhos acadêmicos na área de Engenharia de Transportes, já colaborou com prefeituras de cidades pequenas e médias na reestruturação de sistemas de transporte público e atualmente é Chefe do Departamento de Transportes da EESC-USP.

ENDEREÇO PARA CONTATO:

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
Departamento de Transportes
Av. Trabalhador São-carlense, 400
13566-590 São Carlos - SP BRAZIL
Telefone: 0055 (16) 33739595 Fax: 0055 (16) 33739602
E-mail address: leonardohotta@yahoo.com.br
anelson@sc.usp.br